

Docket No.: K2020.0006/P006  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Kunio Moriyama et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: PARTICLE BEAM THERAPY SYSTEM

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

| <u>Country</u> | <u>Application No.</u> | <u>Date</u>   |
|----------------|------------------------|---------------|
| Japan          | 2003-062585            | March 7, 2003 |

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: March 3, 2004

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorney for Applicant

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

DATE OF APPLICATION: March 7, 2003

APPLICATION NO. 2003-062585

APPLICANT(S): HITACHI, LTD

Dated this 5th day of February, 2004

Yasuo Imai  
Commissioner  
PATENT OFFICE

Certificate No. 2004-3007042

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年    3 月    7 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 6 2 5 8 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 6 2 5 8 5 ]

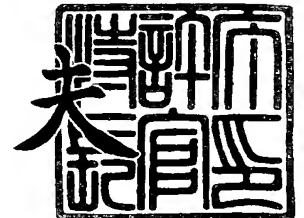
出    願        人            株 式 会 社 日 立 製 作 所  
Applicant(s):



2 0 0 4 年    2 月    5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 7 0 4 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP4276

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61N 5/10

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号  
株式会社 日立製作所 情報制御システム事業部内

【氏名】 森山 國夫

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号  
株式会社 日立製作所 情報制御システム事業部内

【氏名】 前田 彰彦

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号  
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

【氏名】 保江 佳克

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号  
株式会社 日立情報制御システム内

【氏名】 中山 尚英

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100077816

【弁理士】

【氏名又は名称】 春日 讓



## 【復代理人】

【識別番号】 100104503

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 益田 博文

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 192936

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003101

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 粒子線治療システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム輸送系と、  
前記ビーム輸送系のうち少なくとも 1 つに当該ビーム輸送系のビーム経路を遮断する第 1 シャッタと  
を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 2】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に接続され、前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを輸送する第 1 ビーム輸送系と、  
それぞれの前記治療室に対して設けられて前記第 1 ビーム輸送系に接続され、前記第 1 ビーム輸送系により輸送されてきた前記荷電粒子ビームを、前記治療室内に配置された前記照射装置へ輸送する複数の第 2 ビーム輸送系と、  
前記第 1 ビーム輸送系のビーム経路と前記複数の第 2 ビーム輸送系のビーム経路との各接合部にそれぞれ配置され、前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を切替える経路切替え装置と、  
前記第 2 ビーム輸送系のうち少なくとも 1 つの、前記荷電粒子ビームの進行方向において前記経路切替え装置よりも下流側に設けられ、当該第 2 ビーム輸送系のビーム経路を遮断する第 1 シャッタと  
を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 3】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に接続され、前記荷電粒子ビーム発生装置から射出された前記荷電粒子ビームを輸送する第1ビーム輸送系と、

それぞれの前記治療室に対して設けられて前記第1ビーム輸送系に接続され、前記第1ビーム輸送系により輸送されてきた前記荷電粒子ビームを、前記治療室内に配置された回転ガントリーに設置された前記照射装置へ輸送する複数の第2ビーム輸送系と、

前記第1ビーム輸送系のビーム経路と前記複数の第2ビーム輸送系のビーム経路との各接合部にそれぞれ配置され、前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を切替える経路切替え装置と、

前記複数の第2ビーム輸送系の、前記荷電粒子ビームの進行方向において前記経路切替え装置よりも下流側にそれぞれ設けられ、対応する前記第2ビーム輸送系のビーム経路をそれぞれ遮断する複数の第1シャッタと  
を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項4】

請求項3記載の粒子線治療システムにおいて、

選択された前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記第2ビーム輸送系に設けられた前記第1シャッタを開き状態に制御するシャッタ制御装置を有することを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項5】

請求項3記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数の治療室のうちいずれか1つの選択された前記治療室に荷電粒子ビームを導く前記第2ビーム輸送系に設けられた前記第1シャッタを開き状態に制御するシャッタ制御装置を有することを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項6】

請求項4又は5記載の粒子線治療システムにおいて、

前記荷電粒子ビームを導く前記第2ビーム輸送系以外の、前記荷電粒子ビームを導かない他の前記第2ビーム輸送系に設けられた前記第1シャッタを開き状態に制御しない前記シャッタ制御装置を有することを特徴とする粒子線治療システ

ム。

【請求項 7】

請求項 4 又は 5 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記選択された前記治療室を示す選択治療室情報を前記シャッタ制御装置へ出力する選択治療室情報出力装置を有することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 8】

請求項 7 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記シャッタ制御装置は、すべての前記第 2 ビーム輸送系に設けられたすべての前記第 1 シャッタを閉じ状態にする第 1 制御、及び前記選択治療室情報を用いて、前記選択された治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記第 2 ビーム輸送系に設けられた前記第 1 シャッタを開き状態にする第 2 制御を行うことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 9】

請求項 4 又は 5 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記シャッタ制御装置は、すべての前記第 2 ビーム輸送系に設けられたすべての前記第 1 シャッタを閉じ状態にする第 1 制御、及び前記選択された治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記第 2 ビーム輸送系に設けられた前記第 1 シャッタを開き状態にする第 2 制御を行うことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 10】

請求項 4 又は 5 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数の治療室内に配置された前記照射装置に前記荷電粒子ビームに起因する放射線量を検出する線量検出装置をそれぞれ設け、前記シャッタ制御装置は、前記選択された治療室内の前記線量検出装置で検出された前記放射線量が線量設定値になったとき、開き状態の前記第 1 シャッタを閉じ状態に制御することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 11】

請求項 4 又は 5 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記シャッタ制御装置は、前記選択された治療室内の前記照射装置による前記荷電粒子ビームの照射を終了するとき、開き状態の前記第 1 シャッタを閉じ状態

に制御することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 2】

請求項 2 又は 3 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記荷電粒子ビーム発生装置と前記荷電粒子ビーム発生装置に最も近い前記接続部との間で前記第 1 ビーム輸送系に設けられ、前記第 1 ビーム輸送系のビーム経路を遮断する第 2 シャッタを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記第 2 シャッタは、前記第 1 シャッタよりも軽いことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 記載の粒子線治療システムにおいて、

選択された前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記第 2 ビーム輸送系に設けられた前記第 1 シャッタを開き状態に制御し、その後に前記第 2 シャッタを開き状態に制御するシャッタ制御装置を有することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数の治療室のうちいずれか 1 つの選択された前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記第 2 ビーム輸送系に設けられた前記第 1 シャッタを開き状態に制御し、その後に前記第 2 シャッタを開き状態に制御するシャッタ制御装置を有することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 6】

請求項 2 又は 3 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記経路切替え装置が切替え電磁石であることを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 1 7】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム輸送系と、

選択された前記治療室を示す治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム輸送系に設けられた複数のエレメントそれぞれの制御情報を含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 18】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に接続され、前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを輸送する第 1 ビーム輸送系と、

それぞれの前記治療室に対して設けられて前記第 1 ビーム輸送系に接続され、前記第 1 ビーム輸送系により輸送されてきた前記荷電粒子ビームを、前記治療室内に配置された前記照射装置へ輸送する複数の第 2 ビーム輸送系と、

選択された前記治療室を示す治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記第 2 ビーム輸送系に設けられた複数のエレメントそれぞれの制御情報を含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 19】

請求項 18 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数のエレメントのうち 1 つは、前記第 1 ビーム輸送系のビーム経路と前記複数の第 2 ビーム輸送系のビーム経路との各接合部に配置され、前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を切替える経路切替え装置であることを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 20】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に接続され、前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを輸送する第1ビーム輸送系と、  
それぞれの前記治療室に対して設けられて前記第1ビーム輸送系に接続され、前記第1ビーム輸送系により輸送されてきた前記荷電粒子ビームを、前記治療室内に配置された回転ガントリーに設置された前記照射装置へ輸送する複数の第2ビーム輸送系と、  
前記第1ビーム輸送系のビーム経路と前記複数の第2ビーム輸送系のビーム経路との接合部にそれぞれ配置され、前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を切替える経路切替え装置と、  
選択された前記治療室を示す治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記経路切替え装置の制御指令情報を作成する制御情報作成装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項 21】

請求項 20 記載の粒子線治療システムにおいて、  
前記制御指令情報は、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記経路切替え装置以外の他の前記経路切替え装置の制御情報を含んでいないことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項 22】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、  
荷電粒子を加速し荷電粒子ビームとして出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
選択された前記治療室を示す治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記荷電粒子ビーム発生装置の出射すべき前記荷電粒子ビームのエネルギー情報、及び前記選択された治療室内の前記照射装置へ前

記荷電粒子ビームを導くビーム経路に設けられた複数の電磁石の励磁情報を少なくとも含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 23】

請求項 22 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御指令情報は、前記ビーム経路に設けられた前記電磁石以外の他の電磁石の励磁情報を含んでいないことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 24】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、

選択された前記治療室を示す治療室情報と、その治療室内で前記荷電粒子ビームを照射される患者の治療計画情報とを少なくとも用いて、前記荷電粒子ビーム発生装置に設けられた複数の第 1 エLEMENTそれぞれの制御情報、及び前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム経路に設けられた複数の第 2 エLEMENTそれぞれの制御情報を含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 25】

請求項 18 又は 24 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御指令情報は、前記ビーム経路に設けられた前記エLEMENT以外の他のエLEMENTの制御情報を含んでいないことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 26】

請求項 18、請求項 20、及び請求項 22 のいずれかに記載の粒子線治療システムにおいて、

前記治療計画情報を記憶する記憶装置を備え、前記患者識別情報により定まる治療計画情報は、前記患者識別情報を用いて前記記憶装置から前記制御情報作成装置に取り込まれた情報であることを特徴とする粒子線治療システム。



## 【請求項 27】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、  
荷電粒子を加速し荷電粒子ビームとして出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
選択された前記治療室を示す治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記荷電粒子ビーム発生装置の出射すべき前記荷電粒子ビームのエネルギー情報、及び前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導くビーム経路に設けられた複数の電磁石の励磁情報を少なくとも含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、  
前記制御指令情報により励磁電流が制御される前記電磁石とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 28】

請求項 18 記載の粒子線治療システムにおいて、  
少なくとも、前記複数のエレメントの状態を示す検出信号をそれぞれ出力する複数の検出器と、  
これら複数の検出器からの前記検出信号に基づく各エレメントの状態情報が前記制御指令情報であることを確認し、この確認により得られた確認情報を出力する情報確認装置とを有することを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 29】

請求項 18 記載の粒子線治療システムにおいて、  
前記制御指令情報を用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム経路に設けられた前記エレメントの制御を行う制御装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 30】

請求項 20 記載の粒子線治療システムにおいて、  
前記制御指令情報を用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷

電粒子ビームを導く前記経路切替え装置の制御を行う制御装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 31】

請求項 22 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御指令情報を用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム経路に設けられた前記電磁石の制御を行う制御装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 32】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、

前記複数の治療室のそれぞれに対する照射準備完了信号に起因して前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く順番を決定し、その順番に沿って各前記治療室の前記照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を形成する制御システムとを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 33】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、

前記複数の治療室のそれぞれに対する照射準備完了信号が発生する順に、前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く順番を決定し、その順番に沿って、各前記治療室に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を形成する制御システムとを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

**【請求項 3 4】**

請求項 3 2 又は請求項 3 3 記載の粒子線治療システムにおいて、  
前記照射準備完了信号を出力する準備完了情報出力装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

**【請求項 3 5】**

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置を前記複数の治療室内の前記照射装置に個々に連絡する複数のビーム経路と、  
前記複数の治療室のそれぞれに対する照射準備完了信号に起因して前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く順番を決定し、この順番に沿って前記荷電粒子ビームを導く選択された前記治療室を示す治療室情報を記憶し、その順番に応じて前記治療室情報を順次出力する治療順序決定装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

**【請求項 3 6】**

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置を前記複数の治療室内の前記照射装置に個々に連絡する複数のビーム経路と、  
前記複数の治療室のそれぞれに対する照射準備完了信号が発生した順に、前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く順番を決定し、この順番に沿って前記荷電粒子ビームを導く選択された前記治療室を示す治療室情報を記憶し、その順番に応じて前記治療室情報を順次出力する治療順序決定装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

**【請求項 3 7】**

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に接続され、前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを輸送する第 1 ビーム輸送系と、

それぞれの前記治療室に対して設けられて前記第 1 ビーム輸送系に接続され、前記第 1 ビーム輸送系により輸送されてきた前記荷電粒子ビームを、前記治療室内の前記照射装置へ輸送する複数の第 2 ビーム輸送系と、

前記第 1 ビーム輸送系のビーム経路と前記複数の第 2 ビーム輸送系のビーム経路との各接合部にそれぞれ配置され、前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を切替える経路切替え装置と、

前記複数の治療室内又は前記複数の治療室に対応してそれぞれ設置された制御室内にそれぞれ設けられ、対応する前記治療室に対する照射準備完了情報を出力する準備完了情報出力装置と、

それぞれの前記準備完了情報出力装置から前記照射準備完了情報が出力された順に、前記治療室に前記荷電粒子ビームを輸送する優先順位を決定し、この優先順位に沿って前記荷電粒子ビームを導く選択された前記治療室を示す治療室情報を出力し、各前記治療室に前記荷電粒子ビームを導くビーム経路を形成する制御システムとを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項 3 8】

請求項 3 2 又は請求項 3 3 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記ビーム経路の形成は前記第 1 ビーム輸送系及び該当する前記第 2 ビーム輸送系により行われる粒子線治療システム。

#### 【請求項 3 9】

請求項 3 7 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御システムは、それぞれの前記準備完了情報出力装置から前記照射準備完了情報が出力された順に、前記治療室に前記荷電粒子ビームを輸送する優先順位を決定し、この優先順位に基づいて前記荷電粒子ビームを導く選択された前記治療室を示す治療室情報を記憶し、この優先順位に沿って前記治療室情報を出力する治療順序決定装置と、

前記治療室情報を基に、前記選択された治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム経路を形成するために、前記選択された治療室に前記荷電粒子ビームを導く前記経路切替え装置の制御を行う制御装置とを含むことを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 4 0】

請求項 3 2、請求項 3 3 及び請求項 3 7 のいずれかに記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数の治療室のそれぞれに対応して設けられ、前記順番に対応して治療室情報を表示する表示装置をさらに有することを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 4 1】

請求項 3 7 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数の治療室のそれぞれに対応して設けられ、前記順番を表す情報を表示する表示装置をさらに有することを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 4 2】

請求項 3 5、請求項 3 6、及び請求項 3 9 のいずれかに記載の粒子線治療システムにおいて、

前記治療順序決定装置は、ある前記治療室への前記荷電粒子ビームの輸送をキャンセルするキャンセル信号が入力されたとき、記憶している前記治療室情報のうち、前記ある治療室の前記治療室情報をキャンセルすることを特徴とする粒子線治療システム。

## 【請求項 4 3】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、

各前記ビーム経路にそれぞれ配置された第 1 エLEMENT 群と、

選択された前記治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第 1 エLEMENT 群に対する制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、

前記第 1 エLEMENT 群の状態を示す状態情報を含むエLEMENT 情報から、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第 1 エLEMENT 群の前記状態情報を選択し、選択された前記状態情報が前記制御指令情報に含まれた前記第 1 エLEMENT 群の制御指令情報であることを確認する情報確認装置とを備えた

ことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 44】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、  
各前記ビーム経路にそれぞれ配置された第1エレメント群と、  
選択された前記治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第1エレメント群に含まれる複数の第1エレメントのそれぞれの制御情報を有する制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、  
検出された前記各第1エレメントの状態情報を含むエレメント情報から、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第1エレメント群に含まれる前記各第1エレメントの前記状態情報を選択し、選択された前記状態情報が前記制御指令情報に含まれたそれらの第1エレメントに対する前記制御情報であることを確認する情報確認装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 45】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、  
各前記ビーム経路にそれぞれ配置された第1エレメント群、及び前記荷電粒子ビーム発生装置に含まれた第2エレメント群と、  
選択された前記治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第1エレメント群に含まれる複数の第1エレメントのそれぞれの制御情報、及び前記第2エレメント群に含まれる複数の第2エレメントのそれぞれの制御情報を有する制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、

検出された前記各第 1 エLEMENT の状態情報、及び検出された前記各第 2 エLEMENT の状態情報を含むELEMENT 情報から、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第 1 エLEMENT 群に対する前記各状態情報、及び前記第 2 エLEMENT 群に対する前記各制御情報を選択し、選択されたそれらの状態情報が前記制御指令情報に含まれた該当する各ELEMENT の制御情報であることを確認する情報確認装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 4 6】

請求項 4 3、請求項 4 4 及び請求項 4 5 のいずれかに記載の粒子線治療システムにおいて、

前記情報確認装置は、その確認がなされた後に、前記荷電粒子ビームの出射許可信号を出力することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 4 7】

請求項 4 4 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御情報作成装置からの前記制御指令情報に含まれる、前記第 1 エLEMENT 群における前記第 1 エLEMENT に対する前記制御情報を出力する第 1 エLEMENT 制御装置と、

検出された前記第 1 エLEMENT の状態情報が前記第 1 エLEMENT に対する制御情報であるかを確認するELEMENT 情報確認装置とをさらに有することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 4 8】

請求項 4 7 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数のビーム経路にそれぞれ設けられ、該当する前記ビーム経路を遮断する複数のシャッタと、

前記ELEMENT 情報確認装置において前記確認ができなかったとき、前記荷電粒子ビームを停止するビーム停止信号を発生し、そのビーム停止信号により、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路に設けられた前記シャッタを閉じる安全装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 4 9】

請求項 4 5 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記制御情報作成装置からの前記制御指令情報に含まれる、前記第1エレメント群における前記第1エレメントに対する前記制御情報を出力する第1エレメント制御装置と、

前記制御情報作成装置からの前記制御指令情報に含まれる、前記第2エレメント群における前記第2エレメントに対する前記制御情報を出力する第2エレメント制御装置と、

検出された前記第1エレメントの状態情報が前記第1エレメントに対する制御情報であるかを確認する第1エレメント情報確認装置と、

検出された前記第2エレメントの状態情報が前記第2エレメントに対する制御情報であるかを確認する第2エレメント情報確認装置とをさらに有することを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項50】

請求項49記載の粒子線治療システムにおいて、

前記複数のビーム経路にそれぞれ設けられ、該当する前記ビーム経路を遮断する複数のシャッタと、

前記第1エレメント情報確認装置及び前記エレメント情報確認装置のいずれかにおいて前記確認ができなかったとき、前記荷電粒子ビームを停止するビーム停止信号を発生し、そのビーム停止信号により、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路に設けられた前記シャッタを閉じる安全装置を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項51】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、

複数のエレメント群とを備え、

前記複数のエレメント群が、前記ビーム経路の前記荷電粒子ビームの進行方向において、前記ビーム経路に順次配置され、かつそれぞれの前記エレメント群は



、前記複数のビーム経路にそれぞれ配置されるエレメントを含んでおり、  
前記エレメント群内の各エレメントを、それぞれ排他的に選択する排他的選択装置を、前記エレメント群毎に設けていることを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項 5 2】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム経路を有する荷電粒子ビーム輸送装置と、  
複数のエレメントをそれぞれ有する複数のエレメント群とを備え、  
前記エレメント群が、前記複数のビーム経路に一つずつ配置され、かつ、それぞれの前記エレメント群内の前記複数のエレメントは、前記荷電粒子ビームの進行方向において、前記ビーム経路に順次配置されており、  
前記エレメント群それぞれを排他的に選択する排他的選択装置を設けていることを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項 5 3】

請求項 5 1 記載の粒子線治療装置において、  
前記排他的選択装置は、前記エレメント群内の各エレメントを互いに共通の電源に排他的に接続することを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項 5 4】

請求項 5 2 記載の粒子線治療装置において、  
前期排他的選択装置は、それぞれのエレメント群内で電氣的に直列に接続された前記複数のエレメントを、共通の電源に排他的に接続することを特徴とする粒子線治療装置。

【請求項 5 5】

請求項 5 1、請求項 5 2 乃至請求項 5 4 のいずれかに記載の粒子線治療装置において、  
前記排他的選択装置が機械的スイッチであることを特徴とする粒子線治療装置。

。

## 【請求項 56】

請求項 53 記載の粒子線治療装置において、  
少なくとも 1 つの前記エレメント群は、前記各ビーム経路に沿って配置され、  
電氣的に直列に接続された複数の前記エレメントを有することを特徴とする粒子  
線治療装置。

## 【請求項 57】

請求項 53 記載の粒子線治療装置において、  
前記エレメントは電磁石であることを特徴とする粒子線治療装置。

## 【請求項 58】

請求項 53 記載の粒子線治療装置において、  
1 つの前記エレメント群の前記各エレメントは、前記各ビーム経路に前記荷電  
粒子ビームを導く経路切替え電磁石であるであることを特徴とする粒子線治療装  
置。

## 【請求項 59】

請求項 53 記載の粒子線治療装置において、  
1 つの前記エレメント群の前記各エレメントは、前記各ビーム経路に設けられ  
、前記ビーム経路を遮断するシャッタ、及びそれらのシャッタを個々に駆動する  
シャッタ駆動装置を含むことを特徴とする粒子線治療装置。

## 【請求項 60】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、  
前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された少なくとも 1 つの治療室  
と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記治療室内の前記照射装置に前記  
荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを輸送するビーム輸  
送系と、  
前記治療室内又は前記治療室にそれぞれ対応して設けられた制御室内に設けら  
れ、照射準備完了を入力するための第 1 手動入力装置と、  
前記荷電粒子ビーム発生装置での前記荷電粒子ビームの生成、及び前記第 1 手  
動入力装置からの準備完了信号に起因して選択された治療室内の前記照射装置に

前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム輸送系における前記荷電粒子ビームの輸送のそれぞれの準備が完了したことを確認し、準備完了情報を出力する安全装置と、

前記準備完了情報を表示する準備完了表示装置と、

前記治療室内又は前記制御室内に設けられ、前記準備完了表示装置による前記準備完了情報が表示があった場合に、照射開始を指示入力するための第2手動入力装置とを有することを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項 61】

荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置と、

前記荷電粒子ビームを照射する照射装置が配置された複数の治療室と、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室内の前記各照射装置に前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム輸送系と、

前記複数の治療室内又は前記複数の治療室にそれぞれ対応して設けられた複数の制御室内にそれぞれ設けられ、照射準備完了を入力するための第1手動入力装置と、

前記第1手動入力装置から準備完了信号が出力されて前記荷電粒子ビームを導く前記治療室が選択された後、前記荷電粒子ビーム発生装置での前記荷電粒子ビームの生成、及び前記第1手動入力装置からの準備完了信号に起因して選択された治療室内の前記照射装置に前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム輸送系における前記荷電粒子ビームの輸送のそれぞれの準備が完了したことを確認し、準備完了情報を出力する準備確認装置と、

前記各治療室内又は前記各制御室内に設けられ、当該治療室への前記準備完了情報を表示する準備完了表示装置と、

前記各治療室内又は前記各制御室内に設けられ、照射開始を指示入力するための第2手動入力装置とを備えたことを特徴とする粒子線治療システム。

#### 【請求項 62】

請求項 60 又は請求項 61 項記載の粒子線治療システムにおいて、

前記第1手動入力装置と前記第2手動入力装置とは、互いに異なる位置に設け

た別々の操作ボタン又は操作スイッチであることを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 6 3】

請求項 6 0 又は 6 1 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記準備完了情報及び前記第 2 手動入力装置から出力された照射指示信号に起因して出射開始信号を出力する出射開始制御装置とを有することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 6 4】

請求項 6 1 記載の粒子線治療システムにおいて、

前記各第 1 手動入力装置から準備完了信号が出力された順に、前記治療室に前記荷電粒子ビームを導く順番を決定し、前記荷電粒子ビームを導く選択された、最先の順番の前記治療室を示す治療室情報を出力する治療順序決定装置をさらに有し、

前記最先の順番の治療室に対応して設けられている前記準備完了表示装置は、前記準備完了信号を表示することを特徴とする粒子線治療システム。

【請求項 6 5】

請求項 6 4 記載の粒子線治療システムにおいて、

各前記ビーム輸送系にそれぞれ配置された第 1 エLEMENT 群、及び前記荷電粒子ビーム発生装置に含まれた第 2 エLEMENT 群と、

前記選択された治療室に対する前記治療室情報と、患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、前記選択された治療室内の前記照射装置へ前記荷電粒子ビームを導く前記ビーム輸送系に設けられた前記第 1 エLEMENT 群の制御情報、及び前記第 2 エLEMENT 群の制御情報を含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、

検出された前記第 1 エLEMENT 群の状態情報、及び検出された前記第 2 エLEMENT 群の状態情報を含むエLEMENT 情報から、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム輸送系の前記第 1 エLEMENT 群に対する前記状態情報、及び前記第 2 エLEMENT 群に対する前記制御情報を選択し、選択されたそれらの状態情報が前記制御指令情報に含まれた該当する各エLEMENT 群の制御情報であること

を確認する情報確認装置と

を備えたことを特徴とする粒子線治療システム。前記治療室情報

【請求項 6 6】

荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを、複数の治療室のうち選択された前記治療室内の照射装置に輸送するに際して、その荷電粒子ビームの輸送は、前記選択された治療室内の前記照射装置に前記荷電粒子ビームを導くビーム経路に設置されたシャッタを開いて行い、

前記選択された治療室内の前記照射装置に到達した前記荷電粒子ビームを、前記選択された治療室内にいる患者に対して照射することを特徴とする粒子線治療方法。

【請求項 6 7】

前記患者への前記荷電粒子ビームの照射は、前記選択された治療室以外の他の前記治療室内に延びているビーム経路に設置されたシャッタを閉じた状態で行うことを特徴とする粒子線治療方法。

【請求項 6 8】

複数の治療室のうち選択された前記治療室内の照射装置により、前記選択された治療室内の患者に対して、荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを照射する粒子線治療方法において、

前記選択された治療室に入室させた前記患者を示す患者識別情報によって定まる治療計画情報、及び前記選択された治療室を示す治療室情報を用いて制御情報指令を作成し、

この制御情報指令を用いて前記荷電粒子ビーム発生装置から前記選択された治療室の照射装置までに至るビーム輸送経路を形成し、

その形成したビーム輸送経路により導いた前記荷電粒子ビームを前記選択された治療室内の前記照射装置をより前記患者に照射することを特徴とする粒子線治療方法。

【請求項 6 9】

複数の治療室のうち選択された前記治療室内の照射装置により、前記選択された治療室内の患者に対して、荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを照

射する粒子線治療方法において、

前記複数の治療室のうち患者への前記荷電粒子ビームを照射する準備が完了した前記治療室の順に、前記治療室を選択し、前記選択された治療室内の前記照射装置に前記荷電粒子ビームを導くことを特徴とする粒子線治療方法。

【請求項 7 0】

複数の治療室のうち選択された前記治療室内の照射装置により、前記選択された治療室内の患者に対して、荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを照射する粒子線治療方法において、

前記荷電粒子ビーム発生装置に連絡され、前記複数の治療室のうちいずれか 1 つに前記荷電粒子ビーム発生装置から出射された前記荷電粒子ビームをそれぞれ輸送する複数のビーム経路にそれぞれ設けられたエレメント群のうち前記選択された治療室内に延びる前記ビーム経路に設けられた前記エレメント群に対する制御指令情報を作成し、

前記第 1 エレメント群の状態を示す状態情報を含むエレメント情報から、前記選択された治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第 1 エレメント群の前記状態情報を選択し、選択された前記状態情報が前記制御指令情報であることを確認することを特徴とする粒子線治療方法。

【請求項 7 1】

複数の治療室に複数の患者をそれぞれ入室させ、荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを各治療室に備えた照射装置へ順次選択的に導入し各患者に照射を行う粒子線治療方法において、

前記荷電粒子ビーム発生装置から前記複数の治療室の照射装置までに至る、複数のビーム輸送経路それぞれに 1 系統ずつの電磁石群を関連づけ、

電源からの電力が複数系統の電磁石群にまたがって供給される場合には、いずれのビーム輸送経路も形成せず、

電源からの電力が 1 つの系統の電磁石群にのみ供給される場合には、対応する 1 つのビーム輸送経路を形成させ、この形成したビーム輸送経路より対応する治療室の照射装置を介し患者へのビーム照射を行うことを特徴とする粒子線治療方法。

## 【請求項 72】

複数の治療室のうち選択された前記治療室内の照射装置により、前記選択された治療室内の患者に対して、荷電粒子ビーム発生装置からの荷電粒子ビームを照射する粒子線治療方法において、

前記治療室内での患者に対する照射準備が完了したときに、前記治療室内又はその治療室に対応して設けられた制御室内に設けられた、照射準備完了信号を出力する第1手動入力装置を操作し、

その後、当該治療室内の前記照射装置に前記荷電粒子ビームを導くビーム輸送系におけるビーム輸送の準備完了を確認し、

この確認により、前記ビーム輸送準備完了情報を表示し、

この情報の表示後に、前記治療室又は前記制御室内に設けられた、照射開始を指示信号を出力する第2手動入力装置を操作することを特徴とする粒子線治療方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、粒子線治療システムに係り、特に、陽子及び炭素イオン等の荷電粒子ビームを患部に照射して治療する粒子線治療システムに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

癌などの患者の患部に陽子等の荷電粒子ビームを照射する治療方法が知られている。この治療に用いる治療システムのうち大規模なものは、従来、荷電荷電粒子ビーム発生装置、ビーム輸送系、及び複数の治療室を備えている。荷電荷電粒子ビーム発生装置で加速された荷電粒子ビームは、ビーム輸送系を経て各治療室の照射装置に達し、照射装置のノズルから患者の患部に照射される。このとき、ビーム輸送系は、1つの共通のビーム輸送系と、この1つの第1ビーム輸送系から分岐して各治療室の照射装置へと設けられた複数の分岐後のビーム輸送系とから構成される。各分岐ビーム輸送系の分岐位置には、第1ビーム輸送系からの荷電粒子ビームを偏向し当該分岐ビーム輸送系へ導入するための切替え電磁石がそ

れぞれ設けられている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】

特表平11-501232号公報（第12-13頁、図1、2）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来の粒子線治療システムにおいて、各治療室における照射治療時には、第1ビーム輸送系からの荷電粒子ビームを当該治療室のみに選択的に導入する。その際、全ての切替え電磁石を制御コントローラからの制御信号によって励磁切り替え制御し、その治療室へのビーム輸送経路を形成する。これにより、本来そのときに荷電粒子ビームを導入すべき治療室とは異なる別の治療室へ誤って荷電粒子ビームが導かれるのを防止している。

【0005】

しかしながら、上記のような制御コントローラからの制御信号の電磁石励磁切り替え制御によるルート形成のみでは、何らかの理由による制御コントローラの万が一の誤作動や制御不安定状態の発生等の可能性を考えると、照射対象でない治療室への誤ったビーム輸送を未然に防止するという面で、未だ改善の余地があった。

【0006】

本発明の目的は、照射対象でない治療室への誤ったビーム輸送を未然に防止し、安全性を向上することができる粒子線治療システムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成する本発明の特徴は、複数の治療室内の前記各照射装置に荷電粒子ビーム発生装置から出射された荷電粒子ビームを別々に輸送する複数のビーム輸送系のうち少なくとも1つに当該ビーム輸送系のビーム経路を遮断する第1シャッタを設置することである。このように、ビーム自体を物理的にブロックしてしまうシャッタをビーム経路に設けることにより、電磁石切り替えを行う制御コントローラのソフトの信頼性のみに依存する従来技術に比べて、安全性を



各段に向上できる。好ましくは、上記の全ビーム輸送系のビーム経路を遮断する第1シャッタを設置すると安全性は各段に向上する。

#### 【0008】

本発明のもう一つの特徴は、選択された治療室を示す治療室情報と、その治療室に入室する患者の患者識別情報により定まる治療計画情報とを少なくとも用いて、選択された治療室内の照射装置へ荷電粒子ビームを導くビーム輸送系に設けられた複数のエレメントそれぞれの制御情報を含む制御指令情報を作成する制御情報作成装置制御情報作成装置を備えることにある。これにより、システム構成を簡素化できるとともに、円滑で効率の良い治療を行うことができる。具体的には、医者側では各患者の治療計画情報のみを作成し、オペレータ側からはどの治療室にどの患者がいるかという患者識別情報及び治療室情報を制御情報作成装置へ与えれば足りる。制御情報作成装置は、患者識別情報により得られる治療計画情報、及び治療室情報に基づき、自動的に荷電粒子ビーム発生装置や切替え電磁石を作動させるための最終的な制御指令情報を作成する。この結果、制御指令情報を作成するにあたり、医学的な見地に基づく患者の治療計画情報と単に治療システムの操作上に必要な情報とをすべて網羅した膨大なデータを用意する必要がなくなる。したがって、医者側とオペレータ側とでデータに関する分業化を図ることができるので、システム構成を簡素化できるとともに、円滑で効率の良い治療を行うことができる。

#### 【0009】

本発明のさらにもう一つの特徴は、複数の治療室のそれぞれに対する照射準備完了信号に起因して治療室に荷電粒子ビームを導く順番を決定し、その順番に沿って各治療室の照射装置に荷電粒子ビーム発生装置から出射された荷電粒子ビームを導くビーム経路を形成する制御システムとを備えたことにある。

#### 【0010】

これにより、オペレータの手間や労力を大幅に低減することが可能となる。具体的には、ある治療室において照射の準備をする場合、他の治療室の状況を考慮しなく、柔軟に照射の準備を行うことができる。すなわち、予め各治療室の照射順番を予めこれに従ってビーム輸送を行う場合と異なり、例えば照射準備に手間

取ったあるいは患者が気分が悪くなった等の治療室については、照射準備が先に完了した治療室より自動的に後回しにする等柔軟に対応し、無駄な待機時間をなくしてシステムを最大限有効に活用することができる。したがって、多数の患者に対し、円滑な効率の良い治療を行うことができる。さらに例えば、照射順番やスケジュールを予め決めておくことが必ずしも必要なくなったり、あるいはスケジュールを容易にフレキシブルに変更することができる。この場合、治療時におけるオペレータの手間や労力を大幅に低減することが可能となる。

#### 【0011】

本発明のさらにもう一つの特徴は、選択された治療室内に延びているビーム経路の第1エレメント群に対する制御指令情報を作成する制御情報作成装置と、第1エレメント群の状態を示す状態情報を含むエレメント情報から、選択された治療室内に延びている前記ビーム経路の前記第1エレメント群の状態情報を選択し、選択された状態情報が前記制御指令情報に含まれた第1エレメント群の制御指令情報であることを確認する情報確認装置とを備えたことにある。これにより、トラブル発生に対し能力低下の少ない、強いシステムを実現することができる。具体的には、複数の治療室のうちいずれか1つに不具合が生じ、その治療室に係わる各電磁石実作動検出手段から通常値ではない検出信号が出力されていたとしても、その治療室を実際に治療に使用せず選択しないようにすれば、抽出判定手段はそのような通常値でない検出信号に惑わされることなく、指令値と実際値との比較という本来の役割を確実に果たすことができる。この結果、1つの治療室に不具合が生じて、正常な残りの治療室を用いて引き続き治療行為が可能となるため、治療能力の低下を防止又は最小限にとどめることができ、円滑に治療を継続することができる。言い換えれば、トラブル発生に対し能力低下の少ない、強いシステムを実現することができる。

#### 【0012】

本発明のさらにもう一つの特徴は、複数のエレメント群が、ビーム経路の荷電粒子ビームの進行方向において、ビーム経路に順次配置され、かつそれぞれのエレメント群は、複数のビーム経路にそれぞれ配置されるエレメントを含んでおり、エレメント群内の各エレメントを、それぞれ排他的に選択する排他的選択装置

を、エレメント群毎に設けていることにある。これにより、照射を予定していない治療室に誤ってビームが導入されるのは確実に防止できるので、安全性を向上することができる。具体的には、正常時には1つの系統の電磁石群にのみ電力が供給されて1つのビーム経路が完成され、例えば照射しようとする治療室にのみビームが導入される。一方、何らかの異常で電力が複数系統にまたがって供給された場合にはいずれのビーム経路も形成されず、すべての治療室にビームは導入されない。すなわち、いずれにしても、照射を予定していない治療室に誤ってビームが導入されるのは確実に防止できるので、安全性を向上することができる。

#### 【0013】

本発明のさらにもう一つの特徴は、治療室内又は治療室にそれぞれ対応して設けられた制御室内に設けられ、治療室内での照射準備完了を示す信号を入力するための第1手動入力装置を操作し、その後、選択された治療室内の照射装置に荷電粒子ビームを導くビーム輸送系における荷電粒子ビームの輸送のそれぞれの準備が完了したことを確認し、荷電粒子ビームの輸送の準備完了情報を準備完了表示装置に表示させ、その後、治療室内又は制御室内に設けられた照射開始を指示入力するための第2手動入力装置を操作することにある。

#### 【0014】

これにより、治療室内での患者に対する照射準備完了後でビーム輸送系における荷電粒子ビームの輸送のそれぞれの準備が完了する直前まで、照射開始を始めるかどうかを決定することができる。この結果、患者の体調、気分が照射治療を許容できる万全の状態にあるか、気分が悪くなったりトイレに行きたくなったりしていないか等、照射直前ギリギリまでいつでも照射を中止可能な柔軟な体制とすることができる。したがって、各患者にとって安全かつ支障のない万全を期した治療を行うことができる。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態である粒子線治療システムを図面を参照しつつ説明する。

#### 【0016】

本実施形態の粒子線治療システムである陽子線治療システムは、図1に示すように、荷電粒子ビーム発生装置1と、4つの治療室2A、2B、2C及び3と、荷電粒子ビーム発生装置1の下流側に接続された第1ビーム輸送系4及びこの第1ビーム輸送系4から分岐するようにそれぞれ設けられた第2ビーム輸送系5A、5B、5C、5Dを有するビーム輸送系と、切替え電磁石（経路切替え装置）6A、6B、6Cと、各治療室別のシャッタ（第1シャッタ）7A、7B、7C、7Dと、全治療室共通のシャッタ（第2シャッタ）8とを有している。第1ビーム輸送系4は、第2ビーム輸送系5A、5B、5C、5Dのそれぞれにイオンビームを導く共通のビーム輸送系である。

#### 【0017】

荷電粒子ビーム発生装置1は、イオン源（図示せず）、前段荷電粒子ビーム発生装置（ライナック）11及びシンクロトロン12を有する。イオン源で発生したイオン（例えば、陽子イオン（または炭素イオン））は前段荷電粒子ビーム発生装置（例えば直線荷電粒子ビーム発生装置）11で加速される。前段荷電粒子ビーム発生装置11から出射されたイオンビーム（陽子ビーム）は四極電磁石9及び偏向電磁石10を介しシンクロトロン12に入射される。荷電粒子ビーム（粒子線）であるそのイオンビームは、シンクロトロン12で、高周波加速空洞（図示せず）から印加される高周波電力によってエネルギーを与えられて加速される。シンクロトロン12内を周回するイオンビームのエネルギーが設定されたエネルギー（例えば100～200MeV）までに高められた後、出射用の高周波印加装置（図示せず）から高周波がイオンビームに印加される。安定限界内で周回しているイオンビームは、この高周波の印加によって安定限界外に移行し、出射用デフレクタ（図示せず）を通してシンクロトロン12から出射される。イオンビームの出射の際には、シンクロトロン12に設けられた四極電磁石13及び偏向電磁石14等の電磁石に導かれる電流が電流設定値に保持され、安定限界もほぼ一定に保持されている。高周波印加装置への高周波電力の印加を停止することによって、シンクロトロン12からのイオンビームの出射が停止される。

#### 【0018】

シンクロトロン12から出射されたイオンビームは、第1ビーム輸送系4より

下流側へ輸送される。第1ビーム輸送系4は、ビーム経路61、及びビーム経路61にビーム進行方向上流側より配置された四極電磁石18、シャッタ8、偏向電磁石17、四極電磁石18、切替え電磁石6A、四極電磁石19、切替え電磁石6B、四極電磁石20、切替え電磁石6Cを備えている。第1ビーム輸送系4に導入されたイオンビームは、これらの電磁石及び切替え電磁石6A、6B、6Cの励磁、非励磁の切り替えによる偏向作用の有無によって（詳細は後述）、第2ビーム輸送系5A、5B、5C、5Dのいずれかに選択的に導入される。各切替え電磁石は、偏向電磁石の一種である。

#### 【0019】

第2ビーム輸送系5Aは、ビーム経路62に接続されて治療室2A内に配置された照射装置15Aに連絡されるビーム経路62、及びビーム経路62にビーム進行方向上流側より配置された偏向電磁石21A、四極電磁石22A、シャッタ7A、偏向電磁石23A、四極電磁石24A、偏向電磁石25A、偏向電磁石26Aを備える。切替え電磁石6Aはビーム経路62に配置されているとも言える。第2ビーム輸送系5Bは、ビーム経路62に接続されて治療室2B内に配置された照射装置15Bに連絡されるビーム経路63、及びビーム経路63にビーム進行方向上流側より配置された偏向電磁石21B、四極電磁石22B、シャッタ7B、偏向電磁石23B、四極電磁石24B、偏向電磁石25B、偏向電磁石26Bを備える。切替え電磁石6Bはビーム経路63に配置されているとも言える。第2ビーム輸送系5Cは、ビーム経路62に接続されて治療室2C内に配置された照射装置15Cに連絡されるビーム経路64、及びビーム経路64にビーム進行方向上流側より配置された偏向電磁石21C、四極電磁石22C、シャッタ7C、偏向電磁石23C、四極電磁石24C、偏向電磁石25C、偏向電磁石26Cを備える。また、第2ビーム輸送系5Dは、ビーム経路61に接続されて治療室3内に設置された固定照射装置16に連絡されるビーム経路65、及びビーム経路65にビーム進行方向上流より配置された四極電磁石27、28、シャッタ7Aを備えている。切替え電磁石6Cはビーム経路64、65に配置されているとも言える。第2ビーム輸送系5Aへ導入されたイオンビームは、該当する電磁石の励磁によりビーム経路62を通過して照射装置15Aへと輸送される。第2

ビーム輸送系 5 B へ導入されたイオンビームは、該当する電磁石の励磁によりビーム経路 6 3 を通って照射装置 1 5 B へと輸送される。第 2 ビーム輸送系 5 C へ導入されたイオンビームは、該当する電磁石の励磁によりビーム経路 6 4 を通って照射装置 1 5 A へと輸送される。また、第 2 ビーム輸送系 5 D へ導入されたイオンビームは、該当する電磁石の励磁によりビーム経路 6 5 を通って照射装置 1 6 へと輸送される。

#### 【0020】

治療室 2 A ～ C は、内部にそれぞれ設置された回転ガントリー（図示せず）に取り付けられた照射装置 1 5 A ～ C をそれぞれ備える。治療室 2 A ～ C は例えば癌患者用の第 1 ～ 第 3 治療室であり、治療室 3 は、固定式の照射装置 1 6 を備えた眼科治療用の第 4 治療室である。

#### 【0021】

図 2 を用いて、治療室 2 A 内の構成及び機器配置を説明する。治療室 2 B, 2 C も治療室 2 A と同様な構成及び機器配置を有しているので、説明は省略する。治療室 2 A は、1 階部分に設けた施療室（区画）3 1、及びこれより一段低い地下 1 階部分に設けたガントリー室（区画）3 2 を備えている。また、治療室 2 A の外側で治療室 2 A に近接して照射制御室 3 3 が配置されている。照射制御室 3 3 は治療室 2 B, 2 C に対しても同様に配置される。照射制御室 3 3 は、施療室 3 1 やガントリー室 3 2 とは遮断されている。しかしながら、照射制御室 3 3 内における患者 3 0 A の様子は、照射制御室 3 3 及び施療室 3 1 の境界壁に設けられた例えばガラス窓越しにあるいは施療室 3 1 内に設けたテレビカメラ（図示せず）で撮影した映像のモニターによる観察で見ることができる。

#### 【0022】

第 2 ビーム輸送系 5 A の一部である逆 U 字状のビーム輸送装置及び照射装置 1 5 A は、回転ガントリー（図示せず）の略筒状の回転胴 5 0 に設置されている。回転胴 5 0 はモータ（図示せず）により回転可能に構成されている。回転胴 5 0 内には治療ゲージ（図示せず）が形成される。

#### 【0023】

照射装置 1 5 A ～ C は、回転胴 5 0 に取り付けられ前述の逆 U 字状のビーム輸

送装置に接続されるケーシング（図示せず）、及びイオンビームを出射するノズル先端側に設けられるスノート（図示せず）を有している。ケーシング及びスノート内には、図示していないが、例えば偏向電磁石、散乱体装置、リングコリメータ、患者コリメータ、ボラス等が配置される。

#### 【0024】

ビーム経路62を経て逆U字状のビーム輸送装置から治療室2A内の照射装置15A内へ導入されたイオンビームは、照射装置15A内でリングコリメータによってその照射野を粗くコリメートされ、患者コリメータによってビーム進行方向と垂直な平面方向に患部形状に合わせて整形される。更に、そのイオンビームは、ボラスによってその到達深度が治療用ベッド29Aに載っている患者30Aの患部の最大深さに合わせて調整される。治療用ベッド29Aは、照射装置15Aからイオンビームを照射する前に、ベッド駆動装置（図示せず）によって移動され上記治療ゲージ内に挿入されるとともに、照射装置15Aに対する照射にあたっての位置決めが行われる。このようにして照射装置15Aにて粒子線治療に最適な線量分布が形成されたイオンビームは、患者30Aの患部（例えば癌や腫瘍の発生部位）に照射され、患部においてそのエネルギーを放出し、高線量領域を形成する。イオンビームの照射装置15B，15C内での移動状態、及び治療用ベッドの位置決めは、照射装置15Aと同様に行われる。

#### 【0025】

このとき、回転胴50の回転は、ガントリーコントローラ34によってモータの回転を制御することによってなされる。また、照射装置15A～C内の偏向電磁石、散乱体装置、リングコリメータ等は照射ノズルコントローラ35によって駆動制御される。またベッド駆動装置はベッドコントローラ36によって駆動制御される。これらコントローラ34，35，36は、いずれも治療装置2A内のガントリー室32に配置された照射制御装置40によって制御される。なお、治療室31側に延設されたケーブルを介しペンダント41が照射制御装置40に接続されており、患者30Aの傍らに立った医者（又はオペレータ）が、ペンダント41の操作により、制御開始信号及び制御停止信号を照射制御装置40を介して該当するコントローラ34～36に伝える。ペンダント41から回転ガントリ

一の制御開始信号が出力されると、後述の中央制御装置 100 が記憶装置 110 内の治療計画情報のうち患者 30A に関する回転ガントリーの回転角情報を取り込んで照射制御装置 40 を介して該当するコントローラ 34 に伝える。コントローラ 34 はその回転角情報を用いて回転ガントリーを回転させる。

#### 【0026】

照射制御室 33 内に配置されたオペレータコンソール 37 には、第 1 手動入力装置（準備完了情報出力装置）としての患者用の準備完了スイッチ 38、準備完了表示装置としてのディスプレイ 39、第 2 手動入力装置としての照射指示スイッチ 42、及び第 3 手動入力装置である照射取消スイッチ 66 が設置されている。これらの機能については後述する。照射制御室 33 は治療室 3 に対しても別途も受けられている。

#### 【0027】

本実施形態の陽子線治療システムが備えている制御システムを、図 3 を用いて説明する。その制御システム 90 は、中央制御装置 100、治療計画データベースを格納した記憶装置 110、中央インターロック装置（安全装置）120、電磁石電源制御装置 130、加速器用電源装置（以下、加速器電源という）140、ビームパス電磁石用電源装置（以下、ビームパス電源という）150、スイッチング電源（以下、スイッチング電源という）160 及び経路切替制御装置 170 を有する。更に、本実施形態の陽子線治療システムは、スイッチ切替盤 180、シャッタシャッタ駆動装置 190A~D、シャッタ駆動装置 200 及びシャッタ駆動装置 210（図示せず、後述の図 13 参照）を有している。なお、図 3 では治療室 2A~C のうち、図示の煩雑防止のため治療室 2A に係わる構成のみを例示しているが、他の 2 つの治療室 2B、2C についても同様の構成が設けられている。

#### 【0028】

イオンビームによる照射治療を受けようとする患者 30A は、治療室 2A~C のいずれかに入室する。その際、各患者 30A と一対一に対応して予め付与された患者識別情報である識別子（例えばいわゆる ID ナンバー）が、例えば照射制御室 33 のオペレータコンソール 37 に設けた患者 ID 入力装置（PC 等）43



を介しオペレータ（あるいは場合によっては医者でもよい。以下同様）により入力される。なお、例えば患者30Aの身につけるもの（例えば手首にはめるベルト状のもの）に識別子（例えばバーコード情報）を書き込んでおき、治療室内への入室の際に治療室の入口に設けられた図示していない識別子読取装置（例えばバーコード読取装置）によりその識別子を読み込ませても良い。この患者ID装置43は、各治療室2A～Cごとに設けられていることから、当該患者識別情報と、患者30Aが入室した治療室の治療室情報（例えば治療室番号）とを関連づけて一緒に中央制御装置100のCPU（中央演算装置）101へ出力する。

#### 【0029】

一方、入室後に所定の検査等を済ませた患者30Aが治療用ベッド29Aに横たわり、回転ガントリーの回転及び治療用ベッド29Aの位置決め等の照射前の準備が完了してイオンビームの照射を待つばかりの状態となったとき、オペレータは、治療室2A退出して最寄りの照射制御室33内へ行き、オペレータコンソール37の準備完了スイッチ（ボタンでも良い）38を押す。なおこの準備完了スイッチ38はオペレータの被曝防止が別の手段で確実に図られるのであれば、治療室2A～C内にそれぞれ設けても良い。この準備完了スイッチ38を押すことによって発生する患者準備完了信号（照射準備完了信号）は、中央インターロック装置120へと出力される。

#### 【0030】

中央インターロック装置120は、治療室2A、2B、2Cにそれぞれ対応する3つのAND回路121A、121B、121C、治療室3に対応するAND回路121D（図示せず、AND回路121Aと同じ機能を有する）、さらに2つのAND回路122、123とを備えている。AND回路121A～Dには、治療室2A～C、3に対応する各照射制御室33内のそれぞれの準備完了スイッチ38からの患者準備完了信号と、詳細な説明は省略するが各治療室2A～C、3内のイオンビームの照射に係わる装置、機器がスタンバイ（準備完了）状態になったときに出力される機械準備完了信号とがそれぞれ入力される。装置、機器側の準備が完了した状態で、治療室2A～C、4の各照射制御室33内の準備完了スイッチ38が押されると、AND回路121A、121B、121C、12

1 DよりON信号が中央制御装置100の先着優先制御装置 (First Come First Serve) 102に入力される。

#### 【0031】

先着優先制御装置102が実行する処理手順を、図5により説明する。先着優先制御装置102は、3つの機能を有する。第1は、図5でステップ75、70の処理を行う治療順序決定装置としての機能であり、第2は図5でステップ71の処理を行う治療室情報出力装置としての機能である。最後の第3は図5でステップ72～74の処理を行うビーム照射キャンセル装置としての機能である。まず、第1の機能について説明する。ステップ75は治療順序決定工程であり、ステップ70は治療室番号（治療室情報）の追加工程である。治療順序決定工程（ステップ75）では、治療室2A（治療室番号No. 1）に対応するAND回路121A、治療室2B（治療室番号No. 2）に対応するAND回路121B、治療室2C（治療室番号No. 3）に対応するAND回路121C、治療室3（治療室番号No. 4）に対するAND回路からの各ON信号について、それらのON信号の入力順（照射準備完了信号の発生順、照射準備完了信号の出力順）、すなわち最先に入力したON信号を優先的に早い順番にするように各治療室に対する治療順序が決定される。治療室番号の追加工程（ステップ70）では、決定した治療順序で入力したON信号を出力したAND回路に対応した該当する治療室番号（治療室情報）が先着優先制御装置102のメモリ（図示せず）に記憶されている照射待ち順番の最後尾に追加される。AND回路121A、121B、121C、121Dが設けられているため、オペレータが間違えて準備完了スイッチ38を押した場合には、機械準備完了信号が該当するAND回路に入力されないため、ON信号が出力されない。このため、不要なビーム経路を形成する操作（後述の電磁石の励磁等）が防止できる。

#### 【0032】

次に、第2の機能について説明する。一番最初の治療（例えば、1日の一番最初の治療）では、先着優先制御装置102のメモリ内に記憶された最先順番の治療室番号が出力される（ステップ71）。この最先順番の治療室番号（No. 1、No. 2、No. 3又はNo. 4）は、中央制御室100のCPU101（図

4 参照) に入力される。二番目以降は、コントローラ 220 (図 13 参照) から出力された照射満了信号 (後述) または中央インタロック装置 120 (図 15 参照) のオア回路 69 の出力であるビーム停止信号 (後述) が端子 67 を介して入力されたとき、上記の最先順番の治療室番号が先着優先制御装置 102 から CPU 101 へ出力される。照射満了信号及びビーム停止信号は照射満了信号であり、最先順番の治療室番号は照射満了信号で出力される。最先順番の治療室番号の出力により、上記メモリ内の照射待ちの治療室番号は出力順位が 1 つ繰り上がる。

### 【0033】

最後に、第 3 の機能について説明する。この機能は、ある治療室に対する準備完了スイッチ 38 が押された後で照射指示スイッチ 42 が押されるまでの間に、治療用ベッド 29A 上の患者 30A の具合が悪くなってイオンビームの患者 30A への照射を中止するときに働かせる。例えば、No. 1 の治療室 2A 内の患者 30A が具合が悪くなった場合には、治療室 2A に対応する制御室 33 内の照射取消スイッチ 66 を医者が押す。これにより発生するキャンセル信号が先着優先制御装置 102 に入力されると、ステップ 72 で該当する治療室番号が出力済みかを判定する。「NO」であれば、先着優先制御装置 102 のメモリ内の該当する治療室番号 (今回は No. 1) がキャンセルされる (ステップ 74)。このとき、キャンセルされた治療室番号よりも後の照射待ちの治療室番号が 1 つ繰り上がる。ステップ 72 の判定が「YES」であれば、出力済みの治療室番号をキャンセルするために、荷電粒子ビーム発生装置 1 へのビーム停止信号を出力する (ステップ 73)。このビーム停止信号は、端子 68 を介して中央インタロック装置 120 のオア回路 69 (図 15 参照) より出力され、荷電粒子ビーム発生装置 1 が強制停止される。第 3 の機能により、具合が悪くなった治療用ベッド 29A 上の患者に対するイオンビームの照射を停止できる。

### 【0034】

先着優先制御装置 102 は、内部のメモリ内に治療順に記憶されている複数の治療室番号を、その順序で、各治療室 2A~C、3 に対応する各商社制御室 33 内のオペレータコンソール 37 に設けられた各ディスプレイ 39 に出力する。治

療順に治療室番号が各ディスプレイ 39 に表示されるため、各治療室 2A～C、3 に対応した照射制御室 33 内にいる各オペレータは、担当の治療室の現在における治療順を知ることができる。なお、このような表示に限らず、先着優先制御装置 102 は、待ち人数が何人であるか、治療までの待ち時間がおおよそどの程度になるか等を、各ディスプレイ 39 に表示しても良い。あるいは、それほど具体的でなく、優先順位が 1 位でないこと（今すぐ照射可能ではなく少なくとも患者一人分は待たなければならないこと）を表示するのみとしても良い。

#### 【0035】

先のステップ 71 で先着優先制御装置 102 より出力された最先順番の治療室番号（これから照射を行うために選択された治療室の番号）、すなわち選択された治療室の治療室番号は、中央制御装置 100 の CPU 101 へ入力される。以下の説明の都合上、その治療室番号を「No. 1」とする。すなわち、治療室 “A” が選択された治療室である。

#### 【0036】

CPU 101 は、この治療室番号と、先に各治療室 2A～C の患者 ID 装置 43 から入力され、治療室情報に関連づけられた患者識別情報とによって、これからイオンビームの照射治療を行う患者及び治療のためにイオンビームを導く治療室を認識する。そして、記憶装置 110 の治療計画データベースにアクセスする。このデータベースには、予め医者が作成した、照射治療を受けようとする全患者についての治療計画データが格納蓄積されている。

#### 【0037】

記憶装置 110 に記憶されている各患者毎の上記治療計画データ（患者データ）の一例を、図 6 を用いて説明する。この治療計画データは、患者 ID ナンバー、照射線量（一回当たり）、照射エネルギー、照射方向（図示せず）、照射位置（図示せず）等のデータを含んでいる。なお、前述したように、患者識別情報と治療室情報とが関連づけられるため、この治療計画データ自体に、治療室情報を必ずしも含める必要はない。しかし、治療行為の便宜等を考えて、治療計画データに含めてもよいことはいうまでもない。

#### 【0038】

CPU101は、入力した患者識別情報を用いて、これから照射治療を行う患者に関する上記の治療計画データを記憶装置110から読み込む。この患者別治療計画データのうち、重要なのは照射エネルギーの値である。これによって、既に述べた各電磁石への励磁電力供給の制御パターンが決まる。

#### 【0039】

中央制御装置100内に設けたメモリ103に予め記憶されている電力供給制御テーブルを、図7を用いて説明する。これに示すように、照射エネルギーの各種の値（この例では70, 80, 90, … [MeV]）に応じて、シンクロトロン12を含む荷電粒子ビーム発生装置1における四極電磁石9, 13及び偏向電磁石10, 14、第1ビーム輸送系4の四極電磁石18, 19, 20及び偏向電磁石17、治療室2Aに係わる第2ビーム輸送系5Aの四極電磁石22A, 24A、治療室2Bに係わる第2ビーム輸送系5Bの四極電磁石22B, 24B、治療室2Cに係わる第2ビーム輸送系5Cの四極電磁石22C, 24C、治療室3に係わる第2ビーム輸送系5Dの四極電磁石28に対する供給励磁電力値（図中では「…」で図示省略しているが、実際は具体的な数値である）又はそのパターン、及びスイッチング電源162-1、162-2、162-3、162-4（後述）における起電力値（図中では「…」で図示省略しているが、実際は具体的な数値である）が予め設定されている。

#### 【0040】

本実施形態は、図7に示した患者別治療計画データを用いて各種電磁石及び電源の制御を行い、これによってビーム経路を切替え制御する。ここで、本実施形態の大きな特徴のひとつは、4つの治療室2A, 2B, 2C, 3にそれぞれイオンビームを導く4つのビーム経路62, 63, 64, 65のいずれかに、ビーム経路61からイオンビームを導くようにビーム経路を切替える場合に、当該ビーム経路の切替え設定のために直接関係のない電磁石については、特に積極的な制御をせず、その状態を問題にしないことにある。このことを、図8を用いて説明する。

#### 【0041】

図8に示す電力供給の制御テーブルは、中央制御装置100内に設けたメモリ

103に予め格納記憶されている。その制御テーブルは、図7に示す電力供給制御テーブルとは別の電力供給の制御テーブルを表す図である。図8に示すように、治療室番号（No. 1～No. 4）に応じて、シンクロトロン12を含む荷電粒子ビーム発生装置1における四極電磁石9, 13及び偏向電磁石10, 14、第1ビーム輸送系4の四極電磁石18, 19, 20及び偏向電磁石17、治療室2Aに係わる第2ビーム輸送系5Aの四極電磁石22A, 24A、第2治療室2Bに係わる第2ビーム輸送系5Bの四極電磁石22B, 24B、治療室2Cに係わる第2ビーム輸送系5Cの四極電磁石22C, 24C、治療室3に係わる第2ビーム輸送系5Dの四極電磁石28に対して制御する（図中「ON」で表す）。ことを予め設定されている。図中の「No Care」の部分、該当する機器（例えば、四極電磁石22B）の制御データを含んでいないことを意味する。これは、以下でも同じである。例えば、治療室2Aへ第2ビーム輸送系5Aを介しイオンビームを輸送しようとするときは、荷電粒子ビーム発生装置1における四極電磁石9, 13及び偏向電磁石10, 14、第1ビーム輸送系4の四極電磁石18及び偏向電磁石17、第2ビーム輸送系5Aの四極電磁石22A, 24Aについては、治療室2Aにイオンビームを導くビーム経路上に位置するため、ON制御しなければならない。しかしながら、そのビーム経路以外の部分に位置する他の電磁石については、ONであろうとOFFであろうと本質的にはビーム経路の切替え制御には影響がない。なお、「No Care」の部分に情報を付加する場合には、対象機器に対する制御が実行されない、情報と無関係な情報を付加する。

#### 【0042】

同様に、第2治療室2Bへ第2ビーム輸送系5Bを介しイオンビームを輸送しようとするときは、第1ビーム輸送系4の四極電磁石20, 27、治療室2Aへの第2ビーム輸送系5Aの四極電磁石22A, 24A、治療室2Cへの第2ビーム輸送系5Cの四極電磁石22C, 24C、治療室3への第2ビーム輸送系5Aの四極電磁石28は制御を行わない。また、治療室2Cへ第2ビーム輸送系5Cを介しイオンビームを輸送しようとするときは、電磁石22A, 24A, 22B, 24B, 27, 28については制御を行わない。また治療室3へ第2ビーム輸送系5Dを介しイオンビームを輸送しようとするときは、電磁石22A, 24A

、22B、24B、22C、24Cについては制御を行わない。

#### 【0043】

CPU101は、制御情報作成装置として、図6に示した治療計画データと図7及び図8に示した電力供給制御テーブルとを用いて、これから照射を受けようとする患者について、荷電粒子ビーム発生装置1や各ビーム経路に配置された電磁石を制御するための制御指令データ（制御指令情報）を作成する。

#### 【0044】

以上のようにしてCPU101が作成した制御指令データの一例を、図9を用いて説明する。この例では、患者は、治療室2A（治療室番号No. 1）において70MeVのエネルギーにて照射を受ける。図6に示した患者データの後に、図7に示す「70MeV」の欄の数値及びパターンのうち図8で「ON」で示される部分を抽出したデータを合成して作成したものである（すべての電磁石について制御データ用の通信上のアドレスは付与されている）。図9に示すように、後述するビーム経路切替え制御のために、少なくともこの段階では治療室番号は必ず含まれていなければならない。その意味ではこの制御指令データは必ずいずれかの治療室2A～C、3の番号（No. 1～No. 4）と対応しており（治療室別制御指令データ）CPU101は、治療室別制御情報作成装置としても機能する。

#### 【0045】

CPU101は、このようにして作成した制御指令データを、電磁石電源制御装置130と、中央制御装置100内に別途設けた判定器（情報確認装置）104へ出力する。

#### 【0046】

電磁石電源制御装置130は、演算機能を備えたCPU（中央演算装置）131と、信号送受信対象である加速器電源140、ビームパス電源150、スイッチング電源160の定電流コントローラ、及び判定器の総数と同じ個数だけ入出力部を設けた入出力変換制御装置（例えばいわゆるA/D、A/I、D/O、D/I等）とを備えている。入出力変換制御装置としては、加速器電源140との信号授受を行う入出力変換制御装置132、ビームパス電源150との信号授受

を行う入出力変換制御装置 133、スイッチング電源 160 との信号授受を行う入出力変換制御装置 134 を備えている。

#### 【0047】

電磁石電源制御装置 130 の CPU 131 は、中央制御装置 100 の CPU 101 から入力した制御指令データを、加速器電源 140、ビームパス電源 150、スイッチング電源 160 の制御にそれぞれ必要な成分（エレメントの制御情報）に再分解し、対応する入出力変換制御装置 132, 133, 134 に分配する。

#### 【0048】

すなわち、CPU 131 は、加速器電源 140 に対応する入出力変換制御装置 132 に、図 9 に一例を示した制御指令データのうち荷電粒子ビーム発生装置 1 の四極電磁石 9, 13、偏向電磁石 10, 14 に対するそれぞれの電力供給制御データ（エレメントの制御情報）を分配する。

#### 【0049】

CPU 131 は、一般的には、ビームパス電源 150 に対応する入出力変換制御装置 133 に、図 9 に一例を示した制御指令データのうち荷電粒子ビーム発生装置 1 以外の部分、すなわち第 1 ビーム輸送系 4 の四極電磁石 18, 19, 20 及び偏向電磁石 17、第 1 治療室 2A に係わる第 2 ビーム輸送系 5A の四極電磁石 22A, 24A、第 2 治療室 2B に係わる第 2 ビーム輸送系 5B の四極電磁石 22B, 24B、第 3 治療室 2C に係わる第 2 ビーム輸送系 5C の四極電磁石 22C, 24C、第 4 治療室 3 に係わる第 2 ビーム輸送系 5D の四極電磁石 28 に対するそれぞれの電力供給制御データ（エレメントの制御情報）を分配する。これらの電力供給制御データの分配は、制御指令データに含まれた治療室情報、すなわち治療室番号の情報によって異なる。例えば、制御指令データに含まれた治療室番号が前述したように、「No. 1」である場合には、CPU 131 は、その治療室番号で指定された治療室（選択された治療室）にシンクロトロン 12 からイオンビームを導くビーム経路に配置された四極電磁石 18, 22A, 24A 及び偏向電磁石 17 に係る各電力供給制御データを入出力変換制御装置 133 に分配する。制御指令データが他の治療室番号の情報を含んでいる場合でも、CP



U131は同様に該当する電磁石に係る各電力供給制御データを分配する。

【0050】

CPU131は、スイッチング電源160に対応する入出力変換制御装置134に、図9に一例を示した制御指令データのうち治療室番号データ（図9の例ではNo.1）を分配する。

【0051】

加速器電源140は、定電流コントローラ141、電源142、電流計143を1ユニットとして、これらユニットを多数個（例えば、電流出力対象、言い換えれば制御対象である四極電磁石9, 13及び偏向電磁石10, 14の数と同数だけ）備えている。定電流コントローラ141は、所望値の定電流制御機能を備えた制御装置（いわゆるACR）141aと、判定器141b（エレメント情報確認装置）とを有する。

【0052】

入出力変換制御装置132からの四極電磁石9, 13及び偏向電磁石10, 14に係わる各電力供給制御データ（電流値指令信号を含む）は、それぞれの電磁石に対応して設けられた定電流コントローラ141のACR141aに入力される。ACR141aは、その制御データに基づき該当する電源142に電流値指令信号を出力し、この指令信号により電源142をONすると共に、その電源142を制御する。これにより、その電源142から該当する電磁石である偏向電磁石10に供給される電流の大きさが制御される。電源142が出力する電流の電流値は電流計143にて検出され、その検出された実電流値 $I_{act}$ がACR141a及び判定器141bに入力される。ACR141aは、電流計143の出力である電流値 $I_{act}$ をもとにフィードバック制御を行う。このフィードバック制御により、電力供給制御データのデータにほぼ等しい値の電流（ビームの加速・出射態様に応じ時間的に変化する公知の態様の電流値）が制御対象である偏向電磁石14に対し供給される。判定器141bにはACR141aからの電流指令信号が入力されている。判定器141bは、その電流指令値（エレメントの制御情報） $I_{ref}$ と実電流値（エレメントの状態情報） $act$ とを比較し、実電流値 $act$ が許容範囲を含めて電流指令値 $I_{ref}$ になっているかを判定す

る。換言すれば、この実電流値と電流指令値との判定は、実電流値が電流指令値になっていることを確認することである。また、他の定電流コントローラ 141 も同様に機能して電流指令値  $r_{ef}$  になっている電流を四極電磁石 9, 13、偏向電磁石に供給する。これにより、各電磁石が電流指令値  $I_{ref}$  の定電流で励磁されるため、照射を受けようとする患者の治療態様に応じたビーム加速がシンクロトロン 12 で行える状態となる。

#### 【0053】

このとき、ACR 141 a は、後述するこのシステム全体の動作確認のために電流計 143 からの実電流値（エレメントの状態情報）を表す信号を入出力変換制御装置 132 へ出力する。判定器 141 b は、上記判定で得られた判定結果（判定情報又は確認情報という）、すなわち「OK（又はNG）」を、電磁石電源制御装置 130 CPU 131 に出力する（詳細は後述）。判定器 141 b は、上記の判定結果が異常の発生を示している場合には、対応する電源 142 及び ACR 141 a の異常の有無を診断し、この診断結果（診断対象に対する「OK（又はNG）」）も中央インタロック装置 120 に出力する。他の判定器 141 b も同様に機能して判定結果、診断結果を中央インタロック装置 120 に出力する。

#### 【0054】

ビームパス電源 150 は、加速器電源 140 と同様、定電流コントローラ 151、電源 152、電流計 153 を 1 ユニットとして、これらユニットを多数個（例えば、電流出力対象、言い換えれば制御対象である四極電磁石 18, 19, 20, 22 A～C, 24 A～C, 27, 28 及び偏向電磁石 17 の数と同数だけ）備えている。定電流コントローラ 151 は、所望値の定電流制御機能を備えた制御装置（ACR）151 a 及び判定器 151 b（エレメント情報確認装置）を有する。

#### 【0055】

入出力変換制御装置 133 からの各電磁石に対応した電力供給制御データは、それぞれの電磁石（例えば、選択された治療室 2 A に導かれるイオンビームが通るビーム経路に配置された上記の各電磁石）に対応して設けられた定電流コントローラ 151 の ACR 151 a に入力される。ある定電流コントローラ 151 の

ACR151aは、その制御データに基づき、加速器電源140の定電流コントローラ141と同様、該当する電源152をONすると共に、電流計153で検出された実電流値をフィードバックして電源152を制御する。これにより、電源152から出力される電流が電流指令値 $I_{ref}$ に調整され、選択された治療室2Aにイオンビームが導かれるときに通過する四極電磁石18, 22A, 24A及び偏向電磁石17に電流指令値 $I_{ref}$ の定電流が各電源152から供給される。それらの電磁石が励磁される。また、ACR151aは、実電流値 $a_{ct}$ の情報を入出力変換制御装置133に出力する。

#### 【0056】

定電流コントローラ151の判定器151bは、判定器141bと同様に、電流計153で検出した実電流値 $a_{ct}$ を電流指令値 $I_{ref}$ と比較して、判定する（実電流値 $a_{ct}$ が電流指令値 $I_{ref}$ であるかの確認）。判定器151bはその判定結果（判定情報又は確認情報という）すなわち「OK（又はNG）」及び診断結果（診断対象に対する「OK（又はNG）」）を中央インタロック装置120に出力する。他の定電流コントローラ151のACR151a及び判定器151bも上記と同様な機能を発揮する。

#### 【0057】

スイッチング電源160は、加速器電源140と同様に、定電流コントローラ161、電源162及び電流計163を1ユニットとして、電源162が4つあるためこれらユニットを複数個（例えば、この例では4つ）備えている。定電流コントローラ161は、所望値の定電流制御機能を備えた制御装置（ACR）161a及び判定器161bを有する。

#### 【0058】

入出力変換制御装置134からの各スイッチング電源162（図10に示すスイッチング電源162-1、162-2、162-3、162-4）に対応した電力供給制御データは、それぞれのスイッチング電源162に対応して設けられた各定電流コントローラ161のACR161aに入力される。ある定電流コントローラ161のACR161aは、その制御データに基づき、該当する電源162をONすると共に、電流計163からの実電流値をフィードバックしてスイッチ

ング電源 162 を制御する。これにより、スイッチング電源 162 から電流指令値  $I_{ref}$  の定電流が電流供給対象である、スイッチ切替盤 180 に設けられた該当の切替えスイッチ群（図 10 参照）に供給される。切替えスイッチ群の制御により対応する電磁石への電流供給は後述する。ACR151a は、電流計 163 からの実電流値  $a_{ct}$  の情報を入出力変換制御装置 134 に出力する。

#### 【0059】

定電流コントローラ 161 の判定器 161b は、判定器 141b と同様に、電流計 163 で検出の実電流値  $a_{ct}$  を電流指令値  $I_{ref}$  とを判定する（実電流値  $a_{ct}$  が電流指令値  $I_{ref}$  であるかの確認）。判定器 161b はその判定結果（判定情報又は確認情報という）、すなわち「OK（又はNG）」及び診断結果（診断対象に対する「OK（又はNG）」）を中央インタロック装置 120 に出力する。他の定電流コントローラ 161 の ACR161a 及び判定器 161b も上記と同様な機能を発揮する。

#### 【0060】

電磁石電源制御装置 130 の CPU131 は、治療室番号データ（図 9 の例では No. 1）を経路切替制御装置 170 にも出力する。経路切替制御装置 170 は、スイッチングコントローラ 171、メモリ 172、判定器 173 を備えている。スイッチングコントローラ 171 は、CPU131 からの治療室番号データに基づき、スイッチ切替盤 180 に備えられた各スイッチの切替制御を行う。

#### 【0061】

スイッチ切替盤 180 の詳細構成を、図 10 により説明する。スイッチ切替盤 180 は、4 つのスイッチ群を有する。第 1 スwitch 群はスイッチ SW1, SW2 を有し、第 2 スwitch 群はスイッチ SW3, SW4 を有し、第 3 スwitch 群はスイッチ SW5, SW6 を有し、第 4 スwitch 群はスイッチ SW7, SW8 を有する。これらのスイッチ群の各スイッチを切替えることにより、第 2 ビーム輸送系 5A, 5B, 5C の偏向電磁石 6A~6C, 21A~21C, 23A~23C, 25A~25C, 26A~26C に対する選択的な制御を行う。それぞれのスイッチは、排他的な切替え機能を備えた排他的選択装置である機械的スイッチ装置（例えばいわゆる双頭式の機械的スイッチを含む）を備えている。

## 【0062】

第1スイッチ群においては、スイッチング電源160の1つのスイッチング電源162-1にスイッチSW1の入力側端子が接続され、スイッチSW1の出力側端子1にスイッチSW2の入力側端子が接続されている。電氣的に直列に配置された切替え電磁石（偏向電磁石）6A及び偏向電磁石21AがスイッチSW2の出力側端子1に接続される。電氣的に直列に配置された切替え電磁石（偏向電磁石）6B及び偏向電磁石21BがスイッチSW2の他の出力側端子2に接続される。電氣的に直列に配置された切替え電磁石（偏向電磁石）6C及び偏向電磁石21CがスイッチSW1の他の出力側端子2に接続される。後述する経路切替制御装置170によるスイッチの切替え操作により、スイッチング電源162-1から、選択された治療室2A内に照射装置15Aに達するビーム経路62にビーム経路61からイオンビームを曲げる切替え電磁石6Aに電流が供給される。切替え電磁石6Aが励磁される。このとき、スイッチSW1は出力側端子1に、スイッチSW2は出力側端子1に接続されている。

## 【0063】

第2スイッチ群のスイッチSW3、SW4も、上記した第1スイッチ群と同様に、各スイッチの相互の端子が接続され、スイッチング電源162-2がスイッチSW1の入力側端子に接続されている。偏向電磁石23AがスイッチSW2の出力側端子1に、偏向電磁石23BがスイッチSW2の他の出力側端子2に、偏向電磁石23CがスイッチSW1の他の出力側端子2に接続される。

## 【0064】

第3スイッチ群のスイッチSW5、SW6も、上記した第1スイッチ群と同様に、各スイッチの相互の端子が接続され、スイッチング電源162-3がスイッチSW1の入力側端子に接続されている。偏向電磁石25AがスイッチSW2の出力側端子1に、偏向電磁石25BがスイッチSW2の他の出力側端子2に、偏向電磁石25CがスイッチSW1の他の出力側端子2に接続される。

## 【0065】

第4スイッチ群のスイッチSW7、SW8も、上記した第1スイッチ群と同様に、各スイッチの相互の端子が接続され、スイッチング電源162-4がスイッ

チSW1の入力側端子に接続されている。偏向電磁石26AがスイッチSW2の出力側端子1に、偏向電磁石26BがスイッチSW2の他の出力側端子2に、偏向電磁石26CがスイッチSW1の他の出力側端子2に接続される。

#### 【0066】

選択された治療室2Aにイオンビームを導くために、各スイッチ群のそうさにより、ビーム経路62に配置された偏向電磁石23A、25A、26Aにそれぞれ電流が供給され、それらが励磁される。

#### 【0067】

以上のようなスイッチ切替盤180の構成は、第1スイッチ群に対応する第1電磁石群、第2スイッチ群に対応する第2電磁石群、第3スイッチ群に対応する第4電磁石群及び第4スイッチ群に対応する第4電磁石群を有し、これらの電磁石群がビーム経路62、63、64においてイオンビームの進行方向に順次配置されている。更に、各電磁石群においては、各電磁石群に含まれる各電磁石がビーム経路62、63、64にそれぞれ1つずつ配置される。1つの電磁石群に含まれる各電磁石には、共通の電源に接続され、排他的なスイッチの切替えにより、電流が供給できるようになっている。各電磁石群においては、1つの電磁石のみに電源より電力が供給され、残りの電磁石にはその電源から電力が供給されない構造となっている。

#### 【0068】

換言すれば、第1、第2、第3及び第4スイッチ群において、治療室2A、2B、2Cにそれぞれイオンビームを導くビーム経路62、63、64のそれぞれに沿った、異なる3つの電磁石群Aが構成されているとも言える。このため、各スイッチ群内の各スイッチの操作により、4つのスイッチ電源162-1、162-2、162-3、162-4から選択された治療室（例えば治療室2A）に延びているビーム経路（ビーム経路62）に沿って配置されている1つの電磁石群に含まれる5つの電磁石が励磁される。

#### 【0069】

スイッチ切替盤180の各スイッチの切替え操作は、経路切替制御装置170の制御によって行われる。経路切替制御装置170は、スイッチングコントロー

ラ 171、メモリ 172、判定器 173 を有する。メモリ 173 は、スイッチ SW1～SW8 に対する図 11 に示す基準切替えパターンの情報を記憶している。スイッチングコントローラ 171 は、基準切替えパターンの情報に基づいて、スイッチ SW1～SW8 のうち該当する各スイッチに対して位置 1 又は位置 2 となる切り替え制御信号を出力し、該当するスイッチの切替え操作を行う。スイッチの基準切替えパターンは、接続する出力側端子の位置 1（図 11 中の「1」）または位置 2（図 11 中の「2」）を含んでいる。図 11 に示された「No Care」は前述したように制御情報を含んでいない。

#### 【0070】

スイッチングコントローラ 171 は、電磁石電源制御装置 130 の CPU 131 からの治療室番号データ（No. 1）を入力すると、メモリ 172 を参照して対応するスイッチ切替パターンを読み込む（治療室番号 No. 1 のスイッチ番号 1～8 に対する切替えパターン）。スイッチングコントローラ 171 は、読み込んだ基準切替えパターンの情報に基づいて、該当する各スイッチの切替え操作を行う。治療室 No. 1（選択された治療室 2A）に対する基準切替えパターンは、スイッチ番号 1～8 が全て「1」であるため、スイッチ SW1～SW8 の全てが出力側端子 1 に接続される。これにより、スイッチ電源 162-1、162-2、162-3、162-4 からビーム経路 62 に沿って配置された切替え電磁石 6A、偏向電磁石 21A、23A、25A、26A にそれぞれ電流が供給される。これらの電磁石への電流の供給は、前述したスイッチング電源 160 及び経路切替制御装置 170 の協調によって実現される。

#### 【0071】

スイッチ切替盤の他の実施例を図 17 によって説明する。本実施形態のスイッチ切替盤は、4 つのスイッチを用いている。スイッチ SW1、SW2 の出力側端子 1 及び 2 には、スイッチ切替盤 180 と同じ電磁石が接続されている。スイッチ SW4 の出力側端子 1 には、偏向電磁石 23A、25A、26A が直列に接続される。スイッチ SW4 の出力側端子 2 には、偏向電磁石 23B、25B、26B が直列に接続される。スイッチ SW3 の出力側端子 2 には、偏向電磁石 23C、25C、26C が直列に接続される。本実施形態における基準切替えパターンは

図 11 のスイッチ番号 1 ～ 4 に対応するパターンとなる。本実施形態のスイッチ切替盤は、スイッチ切替盤 180 に比べてスイッチの数が少なくまた必要な電源の数も少なくなる。このため、陽子線治療システムの構成を単純化できる。

#### 【0072】

CPU101 から出力された制御指令データによる制御は、加速器電源 140、ビームパス電源 150、スイッチング電源 160 及び経路切替制御装置 170 によって上記したように行われる。これらによる制御により、選択された治療室、具体的には選択された治療室 2A にイオンビームを導くために必要な、荷電粒子ビーム発生装置 1 内の全電磁石、及びビーム経路 61 とビーム経路 62 との接合部の上流及び下流に配置された全電磁石の励磁が完了する。

#### 【0073】

なお、スイッチ切替盤 180 の各スイッチ SW1 ～ SW8 の各出力側端子にはスイッチの切替え状態を検出する検出器（例えば公知のリミットスイッチ等）がそれぞれ設けられている。すなわち、スイッチ SW1 の出力側端子 1 にはリミットスイッチ L11、他方の出力側端子 2 にはリミットスイッチ L12 が設けられている。同様に、リミットスイッチ L21、L22、L31、L32、L41、L42、L51、L52、L61、L62、L71、L72、L81、L82 が、図 10 に示すように、各スイッチの出力側端子に設けられている。

#### 【0074】

判定器 173 は、それらのリミットスイッチからの出力信号を入力し、これらの出力信号に基づいて得られる実際の切替えパターンが図 11 に示す基準切替えパターンになっているかを判定する。この判定は実際の切替パターンが基準パターンになっていることを確認することでもある。実際の切替パターンが基準切替パターンになっている時には「OK」を、基準パターンになっていないときには「NG」を、電磁石電源制御装置 130 の CPU131 に出力する（詳細は後述）。また、判定器 173 は、各スイッチ SW1 ～ SW8 の検出信号に基づき、独自にメモリ 172 にアクセスして基準切替パターン情報を参照して、実際のスイッチ SW1 ～ SW8 の切り替え状況が何番の治療室 2A ～ C、3 に相当するかを判定し、その結果を表す信号（実治療室情報）を電磁石電源制御装置 130 の C



PU131へ出力する。

【0075】

電磁石電源制御装置130のCPU131は、加速器電源140の各定電流コントローラ141のACR141aより入出力変換制御装置132へ入力された実電流値、ビームパス電源150の定電流コントローラ151のACR151Aaより入出力変換制御装置133へ入力された実電流値、及びスイッチング電源160の定電流コントローラ161のACR161aより入出力変換制御装置134へ入力された実電流値を、対応する各電磁石の実状態データ（エレメントの状態情報）としてまとめて中央制御装置100の判定器104（情報確認装置）へ出力する。経路切替制御装置170の判定器173より出力された判定結果（判定情報、確認情報）は、CPU131を介して判定器104に出力される。

【0076】

判定器104は、このようにして入力した加速器電源140、ビームパス電源150、及びスイッチング電源160の前述した各ユニット単位における電磁石の実状態を示す実状態データ（実電流値）、及び経路切替制御装置170からの該当する電磁石の実状態データ（例えば、該当する電磁石にスイッチング電源162-1等のスイッチング電源162から供給される電流の電流値（実電流値））を入力する。その一方で、前述したようにこの判定器104には、CPU101で作成した制御指令データ（治療室番号データを含む）が入力されている。そして、判定器104は、その制御指令データと上記電磁石実状態データとを比較するとともに、制御指令データに含まれる治療室番号データを上記実治療室情報とを比較する。

【0077】

ここで、本実施形態の別の特徴のひとつは、判定器104における上記確認の方法にある。その内容を図12を用いて説明する。

【0078】

図12は、判定器104における確認の様子を説明するためのデータ比較説明図である。図12の上半分に示したデータは、先に図9に示した制御指令データの一例を再掲したものであり、下半分に示したデータはこれに対応する上記電磁

石実状態データを示したものである。

#### 【0079】

この図12において、CPU101で作成した制御指令データは、前述したように、すべての電磁石について制御データ用のアドレスは付与されているが、照射対象である治療室番号に対応しビーム経路として直接関与しない電磁石については特に積極的な制御を行わない（制御データ用の通信用のアドレスは付与されているが、データの数値は不定である）。

#### 【0080】

一方、電磁石実状態データは、該当する電磁石の制御が行われたか否かに関係なく、常時、すべての電磁石に関する実状態データ（電流計の電流値）が数値データとして含まれている（図中、a, b, c, d, e, …等で示す）。

#### 【0081】

本実施形態では、このようなデータ生成における実背景を考慮し、システム全体の動作確認のために制御指令データと実状態データとを比較するにあたり、上記積極的な制御を行わない部分については、比較対象から除外する。すなわち、全電磁石実状態データから、実際に制御が行われた各電磁石（選択された治療室2Aに対して言えば、荷電粒子ビーム発生装置1に含まれた全電磁石、及びビーム経路61とビーム経路62との接合部の上流及び下流のそれぞれのビーム経路に配置された全電磁石）の電磁石実状態データを抽出する。これは、判定器104が、全電磁石実状態データから、制御指令データに制御情報が含まれている各電磁石（図12に示すCPU101で作成した機械指令データのA部及びB部に示す全電磁石）に対応する電磁石実状態データを選択することにより行われる。その機械指令データは制御指令データである。この結果、図12に示す全電磁石実データのうち、図12に示すA部及びB部に示す各電磁石実データが選択される。判定器104は、選択された各実電磁石状態データとCPU101で作成した制御指令データ、すなわち図12に示す制御指令データのA部及びB部の各制御データとを比較し、前者の各実電磁石データが後者の各制御データであるかを確認し、これによって、システム全体においてCPU101が指定した制御の状態を確認できる。判定器104は、選択された全実電磁石状態データが正常であ

ることが確認したとき、システム全体の動作許諾信号を前述した中央インターロック装置 120 の AND 回路 122 へ出力する（図 4 参照）。

#### 【0082】

本実施例における判定器 104 は、最終的に、照射治療を行うべく選択された治療室に係わる実電磁石データのみ抽出し選択された治療室に対応した制御指令データと比較する。これにより、例えば複数の治療室のうちいずれか 1 つに不具合が生じ、その治療室に係わる各電磁石実状態データに通常の値ではないデータが含まれていたとしても、その治療室を実際に治療に使用せず選択しないようにすれば、抽出判定手段はそのような通常の値でない検出信号に惑わされることなく、指令値と実際値との比較という本来の役割を確実に果たすことができる。この結果、1 つの治療室に不具合が生じても、正常な残りの治療室を用いて引き続き治療行為が可能となるため、治療能力の低下を防止又は最小限にとどめることができ、円滑に治療を継続することができる。言い換えれば、トラブル発生に対し能力低下の少ない、強いシステムを実現することができる。

#### 【0083】

一方、本実施形態のさらに別の特徴のひとつは、前述したシャッタ 7A, 7B, 7C, 7D, 8 の開閉制御にある。その内容を以下詳細に説明する。

#### 【0084】

上記シャッタ 7A, 7B, 7C, 7D, 8 の開閉制御は、前述した中央インターロック装置 120 によって行われる。図 13 は、この中央インターロック装置 120 の上記シャッタの開閉制御に係わる機能を表すブロック図である。

#### 【0085】

図 13 において、中央インターロック装置 120 は、先に述べた AND 回路 121A~C, 122, 123 とは別に、5 つの AND 回路 124A, 124B, 124C, 124D, 124E と、これらにそれぞれ対応して接続された NOT 回路 125A, 125B, 125C, 125D, 125E と、5 つの AND 回路 124A~IE のうち 4 つの AND 回路 124A~D にそれぞれ対応して接続された 4 つの信号出力器 126A, 126B, 126C, 126D を備えている。

#### 【0086】

AND回路124Aは、第2ビーム輸送系5Aに設けたシャッタ7Aを開閉駆動するシャッタ駆動装置190Aへ駆動制御信号を出力（信号が「1」のONでシャッタ開き駆動）するものであり、NOT回路125A、信号出力器126Aが接続されている。言い換えれば、AND回路124A、NOT回路125A、及び信号出力器126Aが治療室2Aに対応づけられる1つのグループとなっている。同様に、AND回路124B、NOT回路125B、及び信号出力器126Bが治療室2Bに対応づけられて第2ビーム輸送系5Bのシャッタ7Bを開閉駆動するシャッタ駆動装置190Bへ駆動制御信号を出力する。AND回路124C、NOT回路125C、及び信号出力器126Cは治療室2Cに対応づけられて第2ビーム輸送系5Cのシャッタ7Cを開閉駆動するシャッタ駆動装置190Cへ駆動制御信号を出力する。AND回路124D、NOT回路125D、及び信号出力器126Dは治療室3に対応づけられて第2ビーム輸送系5Dのシャッタ7Dを開閉駆動する駆動装置210へ駆動制御信号を出力する。AND回路124Eは、NOT回路125Eと接続されており、第1ビーム輸送系4に設けたシャッタ8を開閉駆動する駆動装置200へ駆動制御信号を出力する。

#### 【0087】

前述のように中央制御装置100の判定器104は、制御指令データに含まれる各制御データと該当する実電磁石状態データとを比較して動作が正常であることを確認したとき、システム全体としての動作許諾信号を出力する。AND回路124A～Dのそれぞれには、まずこの動作許諾信号がON信号「1」として入力される。このとき、各AND回路124A～Dには、信号出力器126A～Dの信号も併せて入力されている。信号出力器126A～Dには、前述の先着優先制御装置102からの治療室番号を表す信号が入力される。そして各信号出力器126A～Dは、前述のようにして自らが関連づけられている治療室の番号と同一の治療室番号が先着優先制御装置102より入力された場合にのみ、ON信号「1」を出力し、それ以外はOFF信号「0」を出力するようになっている。この結果、先着優先制御装置102からの治療室番号が1（すなわち治療室2Aの選択を意味する）だった場合、信号出力器126Aからの出力のみがON信号「1」となり、他の信号出力器126Bからの出力はOFF信号「0」となる。な

おこのとき、AND回路124A～DにはNOT回路125A～Dを介して別途設けた線量検出コントローラ220からの信号も入力されているが、後述するように通常はこの信号はNOT回路125A～DによりON信号「1」となっている。この結果、信号出力器126Aに対応するAND回路124AからON信号「1」が出力され、治療室2Aへの第2ビーム輸送系5Aに設けたシャッタ7Aのみが開き制御され、他のシャッタ7B, 7C, 7Dは閉じ状態のまま維持されることとなる。すなわち、他の第2ビーム輸送系5B, 5C, 5Dはシャッタ7B, 7C, 7Dで遮断され、治療室2Aへのビーム経路のみが開通する。同様に、先着優先制御装置102からの治療室番号が2, 3, 4だった場合、それぞれ、信号出力器126B, 126C, 126Dからの出力のみがON信号「1」となって、対応するシャッタ7B, 7C, 7Dのみが開き制御され、対応する治療室2B, 2C, 3へのビーム経路のみが開通する。

#### 【0088】

なおこのとき、各シャッタ7A, 7B, 7C, 7Dには、図示しない開閉状態検出装置（例えば公知のリミットスイッチ等）が設けられており、対応する検出信号は中央インターロック装置120に入力され、指令信号と比較される。

#### 【0089】

図14及び図15は、このシャッタ開閉比較機能を含む、中央インターロック装置のさらに他の機能（異常検出時のロック機能）を表すブロック図である。既に述べた部分については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

#### 【0090】

図15において、中央インターロック装置120は、異常検出ロック機能に係わるメインのAND回路127を備えている。このAND回路127に入力される信号のうちの1つは、シャッタ開閉に係わる比較器128からの出力信号である。前述したリミットスイッチ等からのシャッタ開閉検出信号（実シャッタ動作情報）と、図13を用いて前述した中央インターロック装置120のAND回路124A～D側からの各シャッタ7A～Dを駆動するシャッタ駆動装置190A～C, 210への指令信号とが、それぞれこの比較器128へ入力される。但しこのとき、指令信号側は、当該開き駆動されているシャッタ7A～Dへのシャッ

タ開指令信号のみが図示しない抽出手段で抽出されて比較器 128 へ入力され、同時に閉じ状態のまま維持されている他のシャッタへの指令信号については比較器 128 へは入力されない（図 15 におけるテーブル 129 参照）。開き指令が出ているシャッタが正常に開き動作していれば比較器 128 の比較（判定）が満たされ、ON 信号「1」が AND 回路 127 へ入力される。

#### 【0091】

このとき一方、AND 回路 127 には、上記シャッタ動作に係わる信号のほか、「電磁力供給異常」「電流異常」「切替異常」「切替盤異常」にそれぞれ係わる 4 つの信号が入力されている。以下、それらを順次説明する。

#### 【0092】

##### ①電磁力供給異常信号

前述した加速器電源 140、ビームパス電源 150、スイッチング電源 160 には、前述したユニット単位（定電流コントローラ・電源・電流計）で各種異常検出手段（図示せず）を備えている。そして、異常検出時においてそれぞれに対応する検出信号を電磁石電源制御装置 130 の対応する入出力変換制御装置 132, 133, 134 へと出力する。異常検出の内容は、電源装置における過電流発生、定電流コントローラにおける電力供給異常発生、電流供給先の各電磁石の過熱発生、各電磁石への冷却流体（空気又は他の冷媒）の過小流量、電源盤の過熱発生、電源盤を冷却するファンの停止、電源盤の開閉扉の開き状態検出である。なお、このとき併せて、各ユニット単位で設けられた図示しない非常停止スイッチが手動操作された場合の操作信号についても、同様に入出力変換制御装置 132, 133, 134 へ入力される。

#### 【0093】

これら電源装置 140, 150, 160 の各ユニットからの異常検出信号（非常スイッチ操作信号を含む、以下同様）は、電磁石電源制御装置 130 の入出力変換制御装置 132, 133, 134 を介し、CPU 131（前述の図 4 を参照）へと収集される。CPU 131 には、機能的に、上記ユニットの総数に等しいだけの OR 回路 135 及び AND 回路 136、さらに 1 つの OR 回路 137 と同等の機能が備えられている（図 14 中には回路そのものとして図示。あるいは実

際にハードとしてそのような回路を備えていてもよい)。各ユニットからの上記 8つの異常検出信号等は、OR回路135により1つの出力信号に集約され、すなわちいずれか1つの異常が検出されたら、この出力信号がON信号「1」となる。この出力信号は、さらに対応するAND回路136に入力される。このときAND回路136の他方側には、対応するユニットが指令による実質的な(積極的な)制御状態にある場合にON信号「1」が入力されている。したがって、治療室2A, 2B, 2C, 3の選択による前述したビーム輸送経路の形成に対応し、当該電源装置140, 150, 160のユニットが中央制御装置100で生成した前述した制御指令データに基づく実質的な(積極的な)制御下にある場合には、上記OR回路135からの異常検出信号がそのまま最終的なOR回路137へと出力される。一方上記のような制御下でない場合(既に述べた各図における「NoCare」を参照)には、異常検出信号がたとえON信号「1」であってもそれは無効化(無視)され、OR回路137へはOFF信号「0」が出力される。以上のようにして、OR回路137からは、実質的な制御下にある電源装置140, 150, 160の各ユニットにおいて何らかの異常が発生した場合には、「電磁力供給異常」を表すON信号「1」が中央インターロック装置120側へと入力される。中央インターロック装置120では、この信号をNOT回路221Aを介し上記AND回路127へ取り込む。したがって、異常が発生しない場合にはAND回路127へはON信号「1」が入力される一方、異常が発生した場合にはOFF信号「0」が入力され、AND回路127からの出力信号も確実にOFF信号「0」となる。

#### 【0094】

##### ②電流異常信号

既に述べたように、加速器電源140、ビームパス電源150、スイッチング電源160には、前述したユニット単位(定電流コントローラ・電源・電流計)で判定器141b, 151b, 161bを備えている。そして、対応する電源142, 152, 162やACR141a, 151b, 161bが正常に機能し異常がないかどうか(例えば、確認結果が所定の範囲内に収まっているかどうか)を判断する。異常と判定された場合、これに対応する信号(NG信号)が「電磁

力供給異常」を表すON信号「1」として中央インターロック装置120側へと入力される。中央インターロック装置120には、上記ユニットの総数に等しいだけのAND回路222及び1つのOR回路223が備えられている。上記電磁力供給異常を表す信号は、対応するAND回路222へそれぞれ入力される。このときAND回路222の他方側には、上記①で述べたものと同様、対応するユニットが指令による実質的な（積極的な）制御状態にある場合にON信号「1」が入力されている。したがって、治療室2A, 2B, 2C, 3の選択に対応し当該ユニットが実質的な（積極的な）制御下にある場合には、上記電流異常検出信号がそのまま最終的なOR回路223へと出力される。一方上記のような制御下でない場合には、OR回路223へはOFF信号「0」が出力される。この信号はNOT回路221Bを介し上記AND回路127へ取り込まれる。したがって、電流異常が発生しない場合にAND回路127へはON信号「1」が入力される一方、異常が発生した場合にはOFF信号「0」が入力され、AND回路127からの出力信号も確実にOFF信号「0」となる。

#### 【0095】

##### ③切替異常信号

既に述べたように、経路切替制御装置170には判定器173が備えられている。そして、各スイッチ1～8やスイッチングコントローラ171が正常に機能し異常がないかどうかを比較（判断）する。異常と判定された場合、これに対応する信号（NG信号）が「切り替え異常」を表すON信号「1」として中央インターロック装置120側へと入力される。中央インターロック装置120では、この信号はNOT回路221Cを介し上記AND回路127へ取り込まれる。したがって、切り替え異常が発生しない場合にAND回路127へはON信号「1」が入力される一方、異常が発生した場合にはOFF信号「0」が入力され、AND回路127からの出力信号も確実にOFF信号「0」となる。

#### 【0096】

##### ④切替盤異常信号

経路切替制御装置170には、上記判定器173の他に、スイッチ切替盤180や経路切替制御装置170自体に関する各種異常検出手段（図示せず）を備え



ている。そして、異常検出時においてそれぞれに対応する検出信号を別途設けた OR 回路 174 へと出力する。異常検出の内容は、スイッチングコントローラ 171 における電力供給異常発生、電源盤の過熱発生、電源盤を冷却するファンの停止、電源盤の開閉扉の開き状態検出である。なお、このとき併せて、経路切替制御装置 170 に設けた図示しない非常停止スイッチが手動操作された場合の操作信号についても、同様に OR 回路 174 へ入力される。

#### 【0097】

これら 5 つの異常検出信号等は、OR 回路 174 により 1 つの出力信号に集約され、すなわちいずれか 1 つの異常が検出されたら、この出力信号が ON 信号「1」となる。この出力信号は、中央インターロック装置 120 へと入力される。各種異常検出手段（図示せず）を備えている。そして、異常検出時においてそれぞれに対応する検出信号を電磁石電源制御装置 130 の対応する入出力変換制御装置 132, 133, 134 へと出力する。異常検出の内容は、電源装置における過電流発生、定電流コントローラにおける電力供給異常発生、電流供給先の各電磁石の過熱発生、各電磁石への冷却流体（空気又は他の冷媒）の過小流量、電源盤の過熱発生、電源盤を冷却するファンの停止、電源盤の開閉扉の開き状態検出である。なお、このとき併せて、各ユニット単位で設けられた図示しない非常停止スイッチが手動操作された場合の操作信号についても、同様に入出力変換制御装置 132, 133, 134 へ入力される。

#### 【0098】

これら電源装置 140, 150, 160 の各ユニットからの異常検出信号（非常スイッチ操作信号を含む、以下同様）は、電磁石電源制御装置 130 の入出力変換制御装置 132, 133, 134 を介し、CPU 131（前述の図 4 を参照）へと収集される。CPU 131 には、機能的に、上記ユニットの総数に等しいだけの OR 回路 135 及び AND 回路 136、さらに 1 つの OR 回路 137 と同等の機能が備えられている（図 14 中には回路そのものとして図示。あるいは実際にハードとしてそのような回路を備えていてもよい）。各ユニットからの上記 8 つの異常検出信号等は、OR 回路 135 により 1 つの出力信号に集約され、すなわちいずれか 1 つの異常が検出されたら、この出力信号が ON 信号「1」とな

る。この出力信号は、さらに対応するAND回路136に入力される。このときAND回路136の他方側には、対応するユニットが指令による実質的な（積極的な）制御状態にある場合にON信号「1」が入力されている。したがって、治療室2A, 2B, 2C, 3の選択による前述したビーム輸送経路の形成に対応し、当該電源装置140, 150, 160のユニットが中央制御装置100で生成した前述した制御指令データに基づく実質的な（積極的な）制御下にある場合には、上記OR回路135からの異常検出信号がそのまま最終的なOR回路137へと出力される。一方上記のような制御下でない場合（既に述べた各図における「NoCare」を参照）には、異常検出信号がたとえON信号「1」であってもそれは無効化（無視）され、OR回路137へはOFF信号「0」が出力される。以上のようにして、OR回路137からは、実質的な制御下にある電源装置140, 150, 160の各ユニットにおいて何らかの異常が発生した場合には、「電磁力供給異常」を表すON信号「1」が中央インターロック装置120側へと入力される。中央インターロック装置120では、この信号をNOT回路221Dを介し上記AND回路127へ取り込む。したがって、異常が発生しない場合にAND回路127へはON信号「1」が入力される一方、異常が発生した場合にはOFF信号「0」が入力され、AND回路127からの出力信号も確実にOFF信号「0」となる。

#### 【0099】

以上のようにして、「シャッタ動作」「電磁力供給」「電流」「切替」「切替盤」についていずれも異常検出がなかった場合には、AND回路127からはON信号「1」が照射可能信号として出力される。この照射可能信号が、前述の中央制御装置100の判定器104からの動作許諾信号とともにAND回路122へと入力されるのである。上記のように各部の異常検出がなく照射可能信号が入力され、また前述のようにして制御指令データと電磁石実状態データとがほぼ一致して動作許諾信号が入力されたら、AND回路122は、ON信号「1」を機械側の最終準備が完了したことを表す信号（表示信号）としてオペレータコンソール37のディスプレイ39へ出力し、またAND回路123へも同様の信号を出力する。ディスプレイ39では、上記表示信号に応じて、機械側最終準備完了

の表示（言い換えれば最終的に照射開始する意志があるかどうかの確認表示）を行う。例えば医者（海外ではオペレータの場合もあり得るが、日本では法令上の規制により安全上・人道上の観点から現状では医者に限定される）によって照射指示スイッチ（又はボタンでもよい）42が操作されると、これに対応した照射開始指示信号がON信号「1」として中央インターロック装置120の上記AND回路123に入力される。この時点で、AND回路123の他方側には前述のように機械側最終準備完了信号としてのON信号「1」が入力されていることから、AND回路123からは、ON信号「1」が、第1ビーム輸送系4に設けた第2シャッタ8を開き制御する信号として出力される。

#### 【0100】

図13に戻り、この第2シャッタ開信号は、前述した中央インターロック装置120のシャッタ8に関連するAND回路124Eに入力される。このとき、前述したように、AND回路124Eの他方側に線量検出コントローラ220からNOT回路125Eを介し入力される信号は、通常ON信号「1」となっている。この結果、AND回路124EからON信号「1」が出力され、第1ビーム輸送系4に設けたシャッタ8が開き制御される。このとき、第2シャッタ8には、前述の第1シャッタ7A～Dと同様、図示しない開閉状態検出手段（例えば公知のリミットスイッチ等）が設けられている。そして、第2シャッタ8が開き状態になると、対応する検出信号（第2シャッタ開検出信号）が中央インターロック装置120に別途設けたAND回路224へ入力される。この時点で、AND回路224の他方側には前述のように第2シャッタ開信号としてのON信号「1」が入力されていることから、AND回路224からは、ON信号「1」が出射指示信号及び加速指示信号として出力され、それぞれ、ライナック11及びシンクロトロン12の前述した高周波加速空洞へ出力される。

#### 【0101】

以上説明したようにして、荷電粒子ビーム発生装置1から出射されたイオンビームがシンクロトロン12で加速され、さらにシンクロトロン12から出射されたイオンビームが、開き状態の第2シャッタ8を通過しつつ第1ビーム輸送系4を輸送される。そして、イオンビームは、開き状態の第1シャッタ7A～Dを通

過しつつ照射対象の患者が在室する治療室 2 A～C, 3 に対応する第 2 ビーム輸送系 5 A～D に導入され、治療室 2 A～C, 3 の照射装置 1 5 A～C, 1 6 を介し、当該患者 3 0 の患部に治療計画通りの最適な態様で照射される。

#### 【0102】

なおこのとき、図 1 3 に示すように、対応する照射装置 1 5 A～C, 1 6 のノズル内には公知の線量計（線量検出手段、累積線量検出手段）2 2 5 が設けられており、その検出信号が線量検出コントローラ 2 2 0 に入力される。線量検出コントローラ 2 2 0 は、通常は OFF 信号「0」を出力している。そして、線量計 2 2 5 による累積線量が所定の値（予め設定記憶された値でもよいし、中央制御装置 1 0 0 の CPU 1 0 1 を介し患者ごとの治療計画に基づく値（図 6 の患者データにおける「照射線量」の欄参照）を照射の都度読み込むようにしてもよい）に達したら、ON 信号「1」を出力する。これにより、前述の NOT 回路 1 2 5 A～E を介しすべての AND 回路 1 2 4 A～E に OFF 信号「0」が入力される。この結果、シャッタシャッタ駆動装置 1 9 0 A～C, 2 1 0 を介してそれまで開いていた第 1 シャッタ 7 A～D が閉じ駆動制御される。同様にシャッタ駆動装置 2 0 0 を介し、開いていた第 2 シャッタ 8 も自動的に閉じられる。AND 回路 1 2 7 の出力は、NOT 回路を介してオア回路 6 9 より出力される。この出力はビーム停止信号である。シャッタ 7 A～7 D のうち開いていたシャッタは、そのビーム停止信号を端子 5 1 を介して図 1 3 に示すオア回路 5 2 より NOT 回路 1 2 5 A, 1 2 5 B, 1 2 5 C, 1 2 5 D, 1 2 5 E のうち該当する NOT 回路を経て AND 回路 1 2 4 A, 1 2 4 B, 1 2 4 C, 1 2 4 D, 1 2 4 E のうち該当する AND 回路に入力することによっても閉じられる。これは、陽子線治療システムにおいて何らかの異常が生じ、ビーム停止信号が中央インタロック装置 1 2 0、具体的にはオア回路 6 9 から出力された場合に、開いているシャッタを確実に閉じることができる。これは、陽子線治療システムの安全性を著しく向上することができる。

#### 【0103】

図 1 6 は、以上の流れを経時的に示したものである。なお、第 1 のシャッタ 7 A～D よりも第 2 のシャッタ 8 が軽いので、開閉動作（特に開き動作）に要する

時間の短い速動性のものとして構成されている。

#### 【0104】

以上のように構成した本実施形態の粒子線治療システムによれば、以下のような効果を得る。

#### 【0105】

本実施形態においては、各第2ビーム輸送系5A～Dのそれぞれに、ビーム進行経路を遮断する第1シャッタ7A～Dを設けている。すなわち、照射対象でない治療室への誤ったビーム輸送を防止するために、ビーム自体を物理的にブロックしてしまうシャッタ7A～Dをビーム経路上に設けることにより、電磁石切り替えを行う制御コントローラのソフトの信頼性のみに依存する従来技術に比べて、安全性を向上できる。

#### 【0106】

また本実施形態においては、中央制御装置100のCPU101が、患者識別情報(IDNo.)と治療室情報と、各患者ごとの治療計画情報とを用いて患者別制御指令データを作成する。すなわち、医者側では各患者の治療計画情報のみを作成し、オペレータ側からはどの治療室にどの患者がいるかという患者識別情報及び治療室情報のみを患者ID入力装置43よりCPUへ入力すれば足りる。CPU101は、これら治療計画情報、患者識別情報、治療室情報に基づき、自動的に患者別制御指令データを作成する。この結果、最終的な患者別制御指令データを作成するにあたり、医学的な見地に基づく患者の治療計画情報と単に治療システムの操作上に必要な情報とをすべて網羅した膨大なデータを用意する必要がなくなる。したがって、医者側とオペレータ側とでデータに関する分業化を図ることができるので、システム構成を簡素化できるとともに、円滑で効率の良い治療を行うことができる。

#### 【0107】

さらに本実施形態においては、先着優先制御装置102により、患者の照射準備が先に完了した治療室ほどより優先的にイオンビームが輸送されるように、ビーム輸送経路が制御される。これにより、複数の治療室2A～C、3にて適宜自由に患者の照射準備を行い、照射準備が完了したものから順次イオンビームの照

射を行うようにすることができる。これにより、例えば予め各治療室の照射順番を予めこれに従ってビーム輸送を行う場合と異なり、例えば照射準備に手間取ったあるいは患者が気分が悪くなった等の治療室については、照射準備が先に完了した治療室より自動的に後回しにする等柔軟に対応し、無駄な待機時間をなくしてシステムを最大限有効に活用することができる。したがって、多数の患者に対し、円滑な効率の良い治療を行うことができる。さらに例えば、照射順番やスケジュールを予め決めておくことが必ずしも必要なくなったり、あるいはスケジュールを容易にフレキシブルに変更することができる。この場合、治療時におけるオペレータの手間や労力を大幅に低減することが可能となる。

#### 【0108】

さらに本実施形態においては、治療室 2A～C, 3 の選択に応じて CPU 101 が治療室別制御指令データを作成し、これに応じて各電磁石が作動するとき、各電磁石に対応する電流計 143, 153, 163 等からの検出信号は治療室の選択に無関係に出力されている。そして、それらに基づく各電磁石の実状態データから、判定器 104 が、選択された治療室に係わるものを抽出し CPU 101 からの治療室別制御指令データと比較判定する。すなわち、判定器 104 は、最終的に、照射治療を行うべく選択された治療室 2A～C, 3 に係わるデータのみ抽出し治療室別制御指令データと比較する。これにより、例えば治療室 2A～C, 3 のうちいずれか 1 つに不具合が生じ、その治療室に係わる実作動検出データとして通常ではない値が検出されていたとしても、その治療室を実際に治療に使用せず選択しないようにすれば、判定器 104 はそのような通常の値でない検出信号に惑わされることなく、指令値と実際値との比較という本来の役割を確実に果たすことができる。この結果、1 つの治療室に不具合が生じても、正常な残りの治療室を用いて引き続き治療行為が可能となるため、治療能力の低下を防止又は最小限にとどめることができ、円滑に治療を継続することができる。言い換えれば、トラブル発生に対し能力低下の少ない、強いシステムを実現することができる。

#### 【0109】

さらに本実施形態においては、スイッチ切替盤 180 において、スイッチ 1～

8は、上記4つの電源162-1～162-4からの電力が、第2ビーム輸送系5Aに係わる系統（偏向電磁石6A, 21A, 23A, 25A, 26A）、第2ビーム輸送系5Bに係わる系統（偏向電磁石6B, 21B, 23B, 25B, 26b）、第2ビーム輸送系5Cに係わる系統（偏向電磁石6C, 21C, 23C, 25C, 26C）の3つのうちの少なくとも2つの系統にまたがって供給された場合には、第2ビーム輸送系5A～Cのうちいずれのビーム輸送経路も形成されないように（言い換えれば1つのビーム輸送経路を完成させたときには必ずそれに対応する1つの系統の電磁石群にしか電力が供給されないように）接続されている。

#### 【0110】

これにより、正常時には1つの系統の電磁石群にのみ電力が供給されて1つのビーム輸送経路が完成され、照射しようとする治療室にのみビームが導入される。一方、何らかの異常で電力が複数系統にまたがって供給された場合にはいずれのビーム輸送経路も形成されず、すべての治療室2A～C, 3にビームは導入されない。すなわち、いずれにしても、照射を予定していない治療室に誤ってビームが導入されるのは確実に防止できるので、安全性を向上することができる。

#### 【0111】

さらに本実施形態においては、準備完了スイッチ38で患者の照射準備が完了したことを操作入力すると、ディスプレイ39が荷電粒子ビーム発生装置1及びビーム輸送系4, 5A～Dの照射準備が整ったことを表示し、これを受けて照射指示スイッチ42で照射開始を指示入力するようにしたことである。

#### 【0112】

これにより、患者側の照射準備完了後に機械側準備が完了し照射を開始する直前まで、照射開始を始めるかどうかを治療室2A～D, 3内（又はその近傍にある照射制御室33内）の側で決定することができる。この結果、患者の体調・気分が照射治療を許容できる万全の状態にあるか、気分が悪くなったりトイレに行きたくなったりしていないか等、照射直前ギリギリまでいつでも照射を中止可能な柔軟な体制とすることができる。したがって、各患者にとって安全かつ支障のない万全を期した治療を行うことができる。

## 【0113】

なお、上記実施形態においては、経路切替制御装置 170 の判定器 173 が、各スイッチ 1～8 の検出信号に基づき実際のスイッチ 1～8 の切り替え状況が何番の治療室 2A～C，3 に相当するかを判定する際、メモリ 172 にアクセスしてテーブルを参照することで実際の実治療室情報を得たが、これに限られない。すなわち、このようなソフト上の処理ではなく、ハード的な構成（例えば多数の論理回路の結合体）で同様の機能を持たせても良い。

## 【0114】

## 【発明の効果】

本発明によれば、照射対象でない治療室への誤ったビーム輸送を未然に防止し、安全性を向上することができる

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明の好適な実施形態の粒子線治療システムの全体概略構成を表す概念図である。

## 【図 2】

図 1 に示した治療室の詳細構成を表す概念的平面図である。

## 【図 3】

本発明の一実施形態の粒子線治療システムにおける制御系を表すブロック図である。

## 【図 4】

本発明の一実施形態の粒子線治療システムにおける制御系をさらに詳細に表すブロック図である。

## 【図 5】

先着優先制御装置が実行する制御手順を表すフローチャートである。

## 【図 6】

各患者毎の上記治療計画データ（患者データ）の一例を表す図である。

## 【図 7】

中央制御装置内に設けたメモリに予め格納記憶されている電力供給制御テーブ



ルを表す図である。

【図 8】

中央制御装置内に設けたメモリに予め格納記憶されている図 7 とは別の電力供給の制御テーブルを表す図である。

【図 9】

制御指令データの一例を表す図である。

【図 10】

スイッチ切替盤の詳細構成を表す図である。

【図 11】

経路切替制御装置のメモリに記憶されたスイッチの切り替えパターンを表す図である。

【図 12】

判定器における比較の様子を説明するためのデータ比較説明図である。

【図 13】

中央インターロック装置のシャッタの開閉制御に係わる機能を表すブロック図である。

【図 14】

電磁石電源制御装置、経路切替制御装置におけるインターロック機能を示す説明図である。

【図 15】

シャッタ開閉比較機能を含む、中央インターロック装置のさらに他の機能（異常検出時のロック機能）を表すブロック図である。

【図 16】

本実施形態における操作・制御の流れを経時的に示した図である。

【図 17】

スイッチ切替盤他の実施形態の構成図である。

【符号の説明】

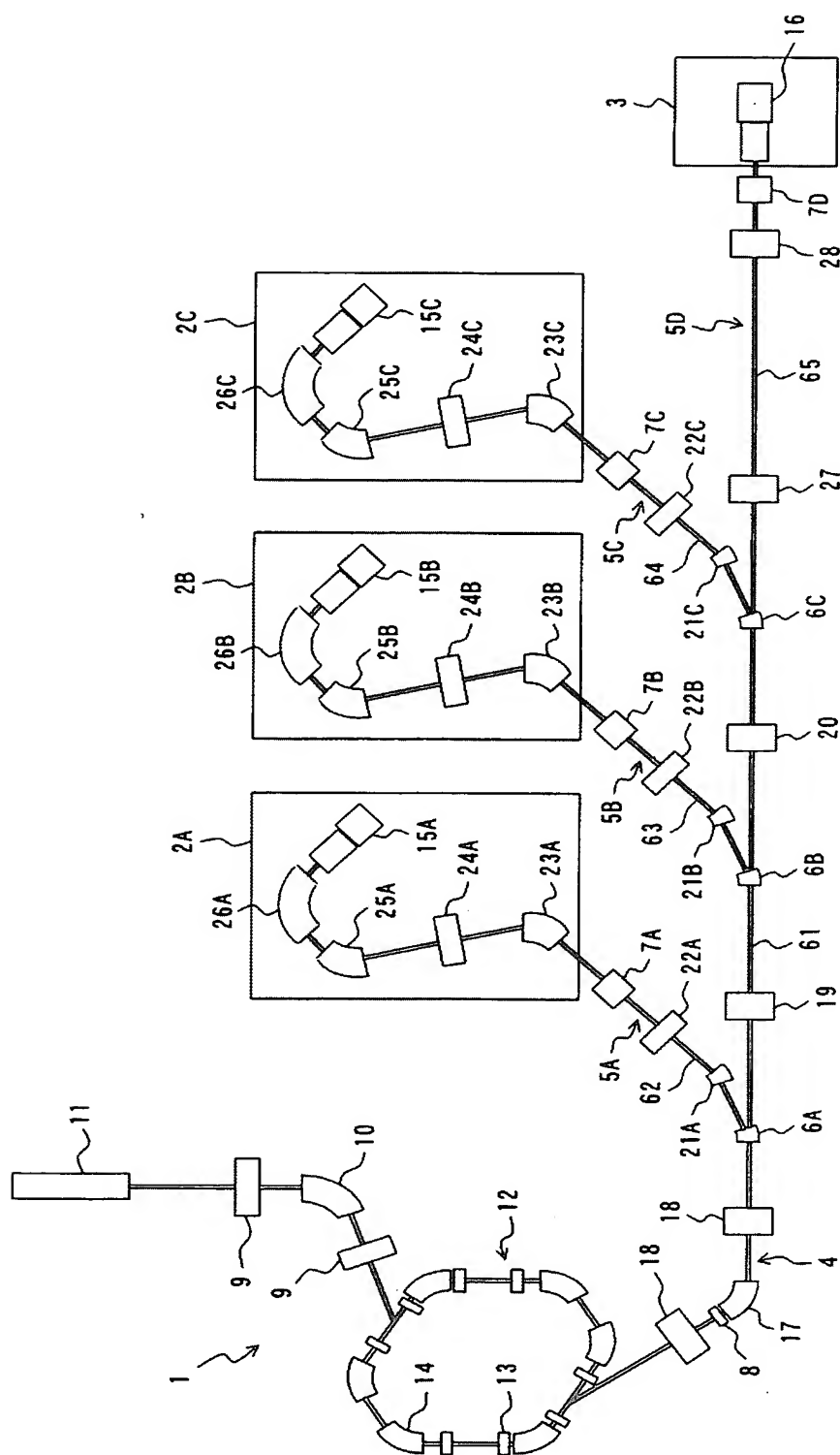
- 1                    荷電粒子ビーム発生装置
- 2 A～C            治療室

|           |            |
|-----------|------------|
| 3         | 治療室        |
| 4         | 第 1 ビーム輸送系 |
| 5 A ~ D   | 第 2 ビーム輸送系 |
| 6 A ~ C   | 切替え電磁石     |
| 7 A ~ D   | 第 1 シャッタ   |
| 1 5 A ~ C | 照射装置       |
| 1 6       | 照射装置       |

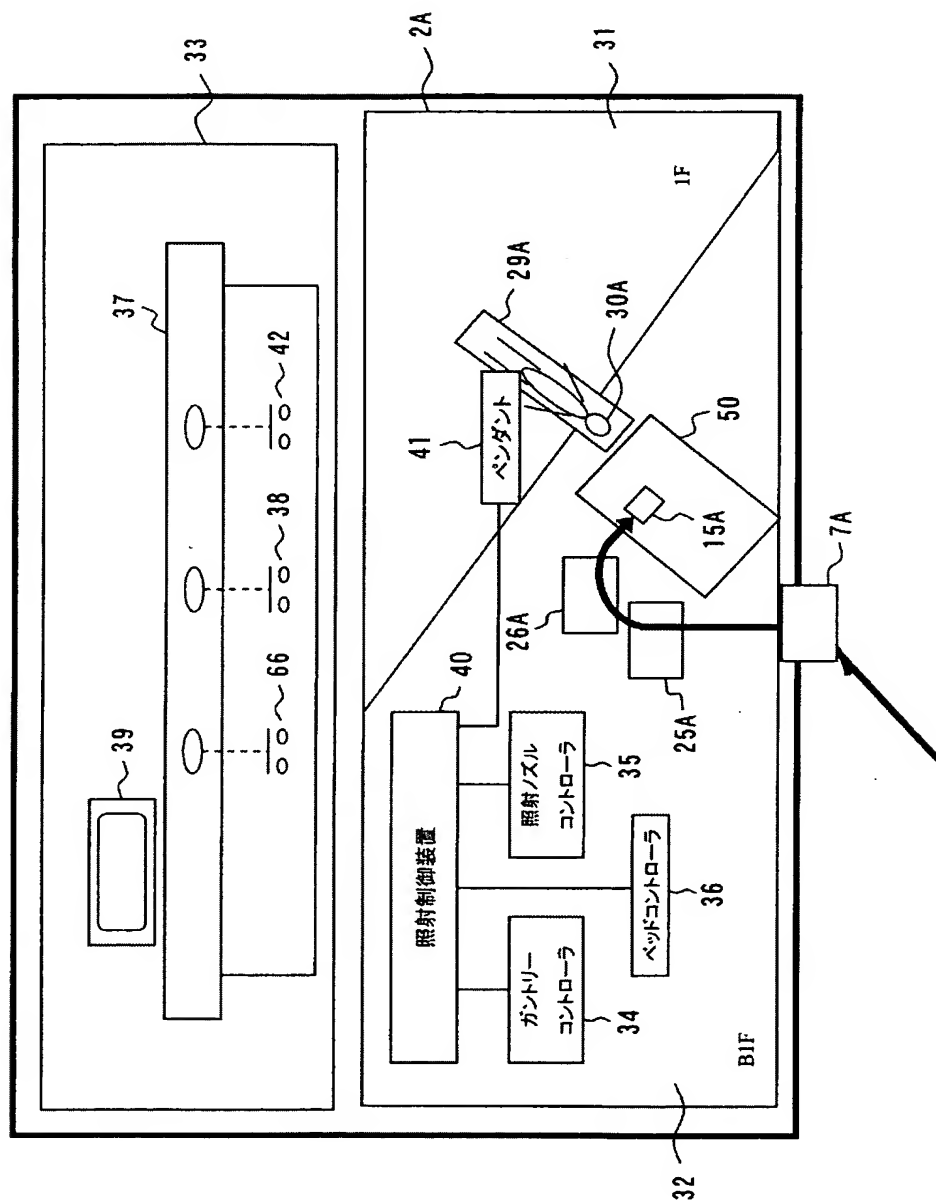
【書類名】

図面

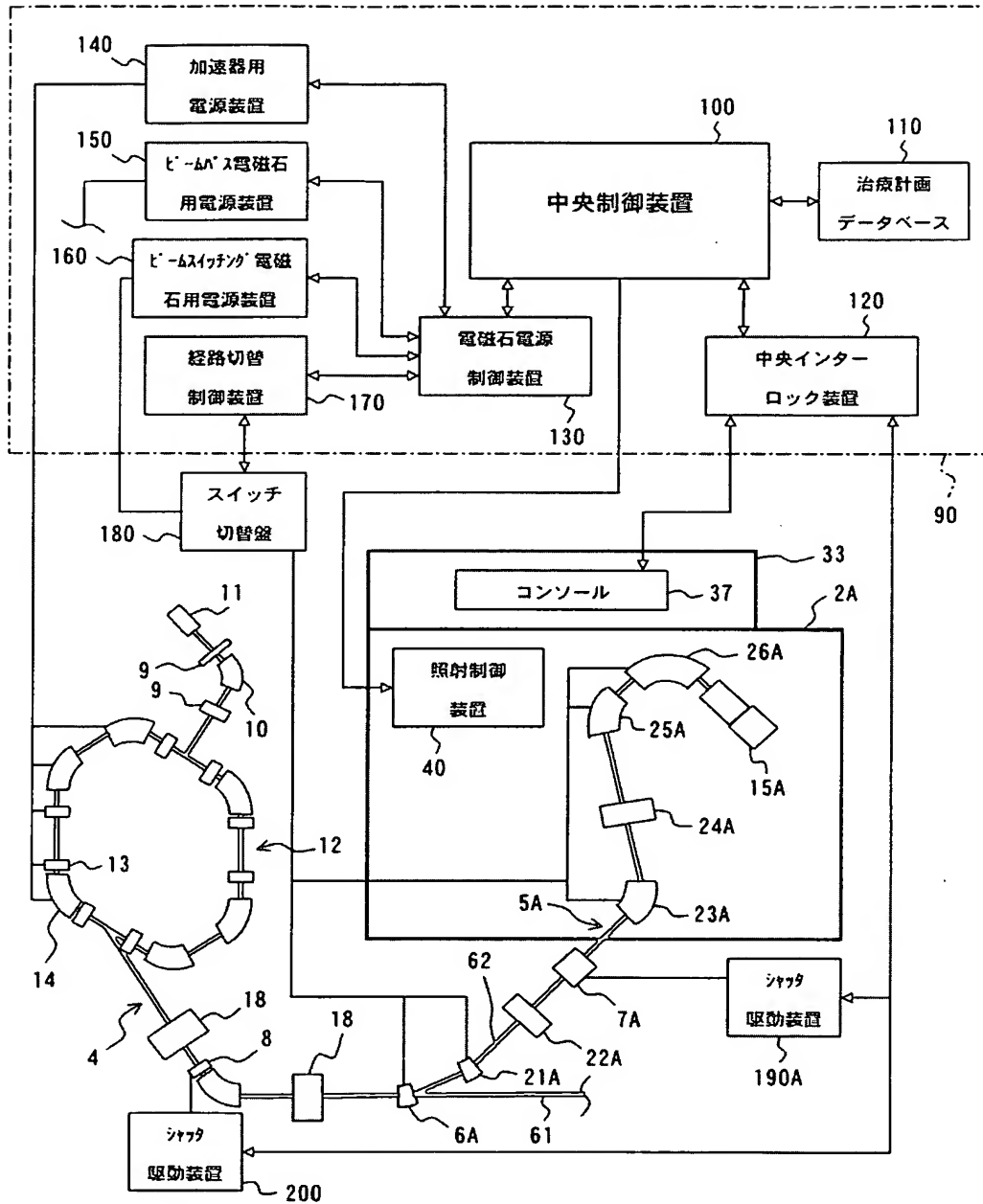
【図 1】



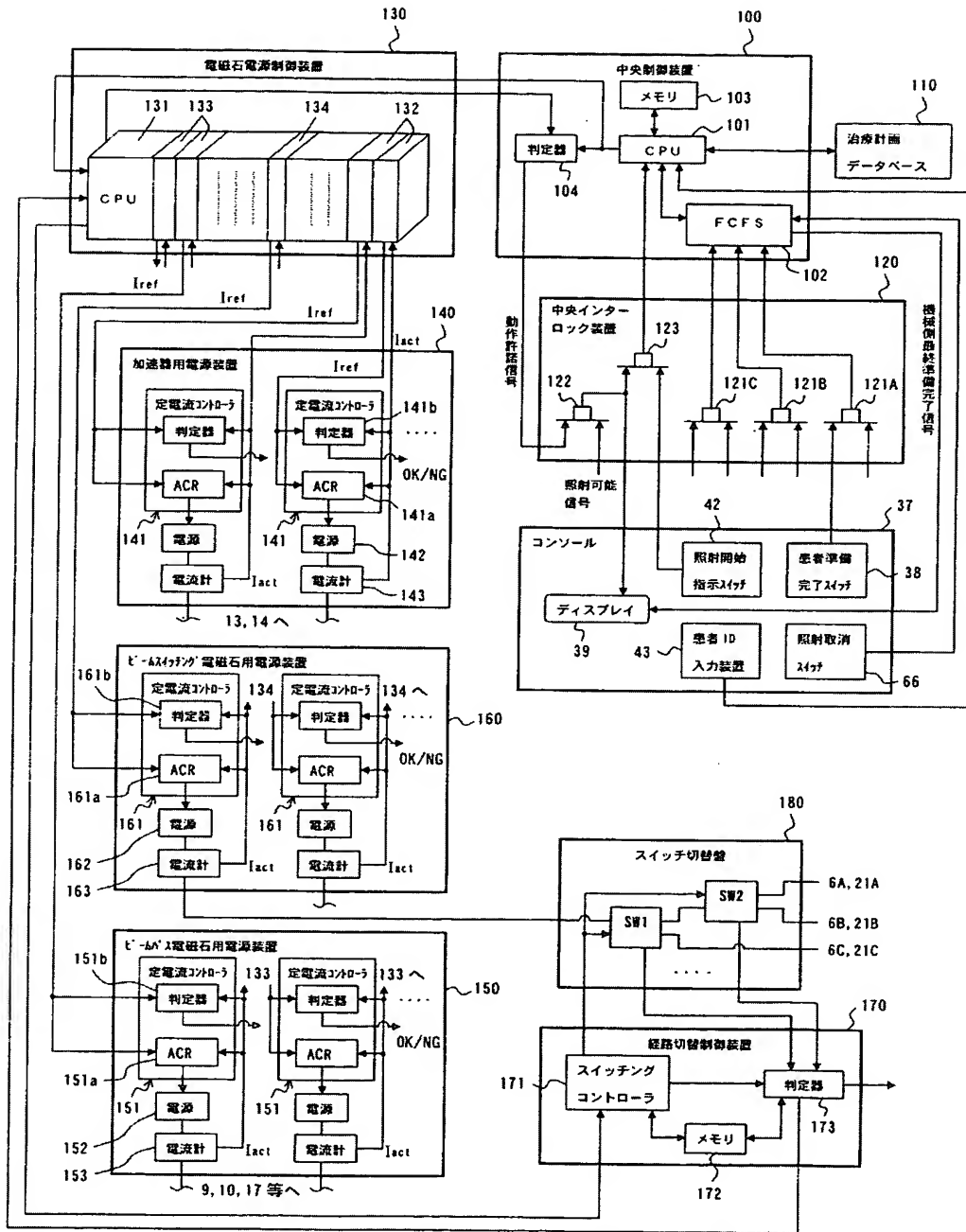
【図 2】



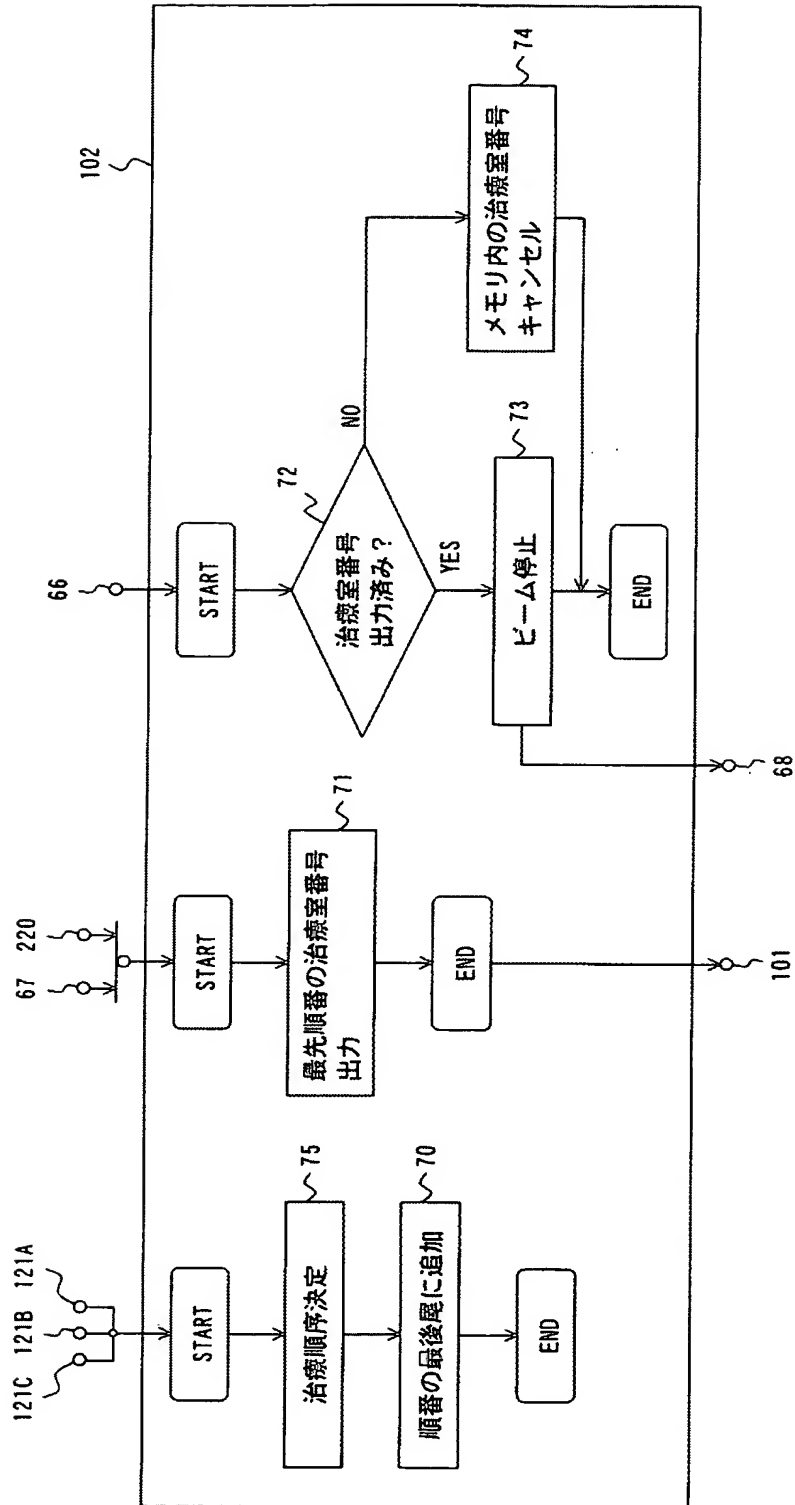
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

患者データ

| 患者ID No | 照射線量 | (治療室番号) | エネルギー | ..... |
|---------|------|---------|-------|-------|
| 650098  | ...  | (NO.1)  | 70MeV | ..... |

【図 7】

| エネルギー<br>(MeV) | 全治療室共通<br>シンクロトロン |     |            |      |      |      |      |
|----------------|-------------------|-----|------------|------|------|------|------|
|                | 加速前               |     | シンクロトロン    |      |      | 加速後  |      |
|                | 偏向10              | 四極9 | 偏向14       | 四極13 | 四極13 | 偏向17 | 四極18 |
| 70             | ...               | ... | Pattern 70 |      |      | ...  | ...  |
| 80             |                   |     | Pattern 80 |      |      | ...  | ...  |
| 90             |                   |     | Pattern 90 |      |      | ...  | ...  |
|                |                   |     |            |      |      |      |      |
|                |                   |     |            |      |      |      |      |
|                |                   |     |            |      |      |      |      |
|                |                   |     |            |      |      |      |      |

| エネルギー<br>(MeV) | 第1治療室2A |       | 分岐間  | 第2治療室2B |       | 分岐間  |
|----------------|---------|-------|------|---------|-------|------|
|                | 四極22A   | 四極24A | 四極19 | 四極22B   | 四極24B | 四極20 |
| 70             | ...     | ...   | ...  | ...     | ...   | ...  |
| 80             | ...     | ...   | ...  | ...     | ...   | ...  |
| 90             | ...     | ...   | ...  | ...     | ...   | ...  |
|                |         |       |      |         |       |      |
|                |         |       |      |         |       |      |
|                |         |       |      |         |       |      |
|                |         |       |      |         |       |      |

| エネルギー<br>(MeV) | 第3治療室2C |       | 分岐間  | 第4治療室3 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 |
|----------------|---------|-------|------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | 四極22C   | 四極24C | 四極27 | 四極28   | 162-1     | 162-2     | 162-3     | 162-4     |
| 70             | ...     | ...   | ...  | ...    | ...       | ...       | ...       | ...       |
| 80             | ...     | ...   | ...  | ...    | ...       | ...       | ...       | ...       |
| 90             | ...     | ...   | ...  | ...    | ...       | ...       | ...       | ...       |
|                |         |       |      |        |           |           |           |           |
|                |         |       |      |        |           |           |           |           |
|                |         |       |      |        |           |           |           |           |
|                |         |       |      |        |           |           |           |           |



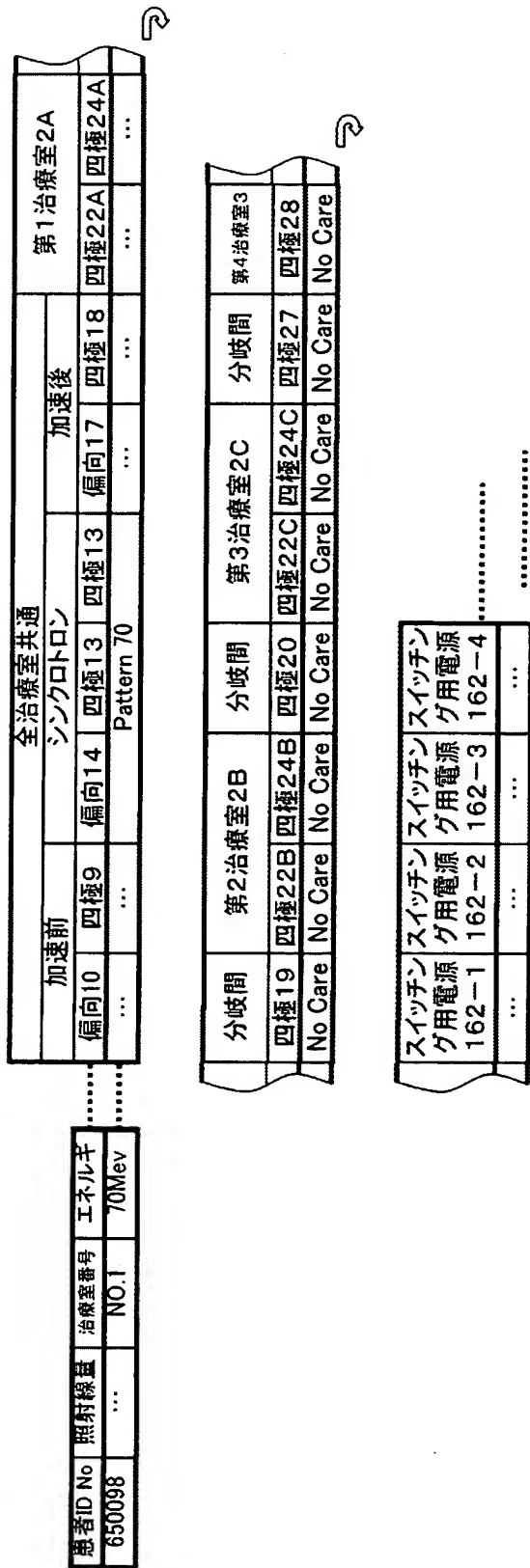
【図 8】

| 治療室番号 | 全治療室共通 |     |         |      |      |      |      |
|-------|--------|-----|---------|------|------|------|------|
|       | 加速前    |     | シンクロトロン |      |      | 加速後  |      |
|       | 偏向10   | 四極9 | 偏向14    | 四極13 | 四極13 | 偏向17 | 四極18 |
| 1     | ON     |     |         |      |      |      |      |
| 2     |        |     |         |      |      |      |      |
| 3     |        |     |         |      |      |      |      |
| 4     |        |     |         |      |      |      |      |

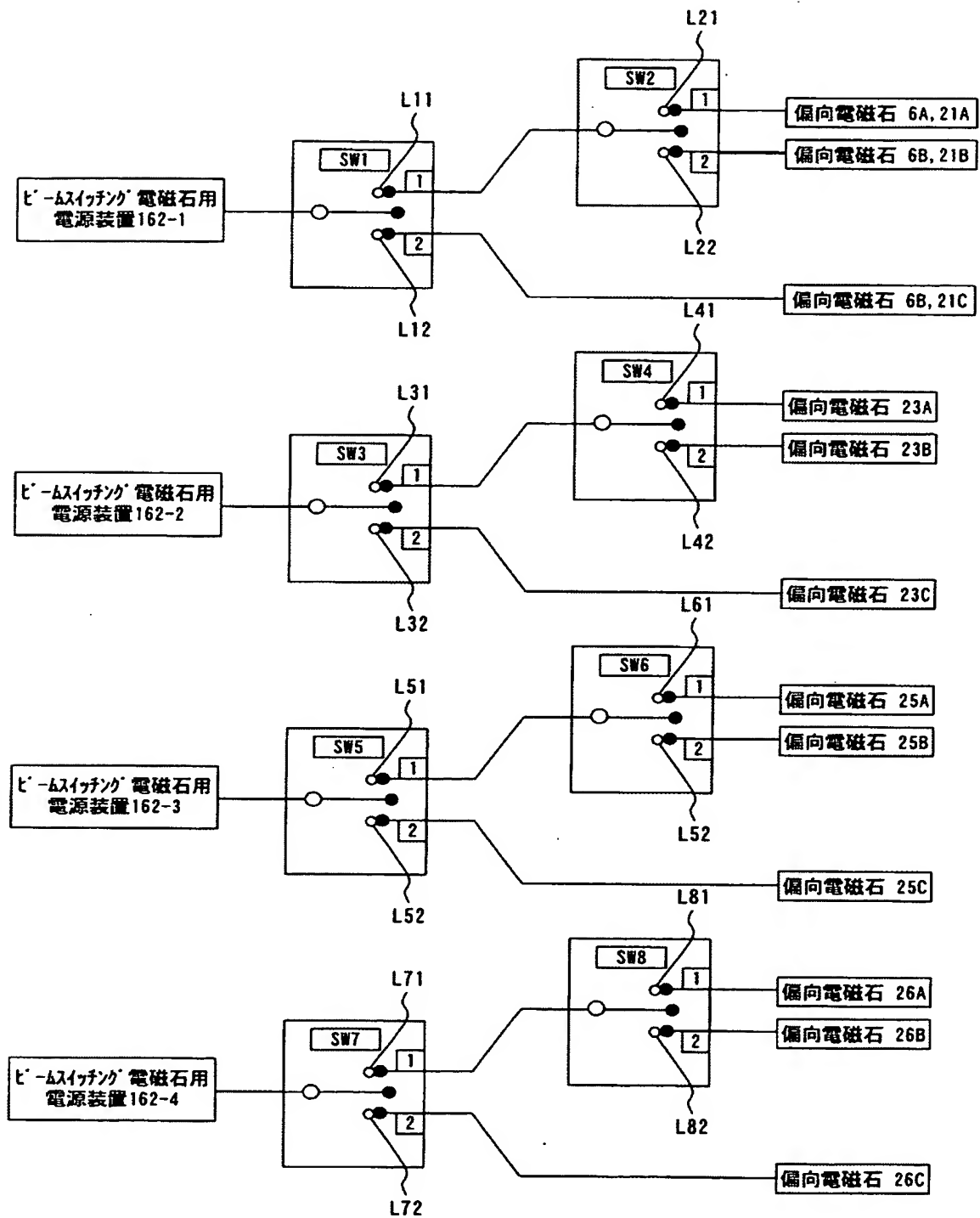
| 治療室番号 | 第1治療室2A |       | 分岐間     | 第2治療室2B |       | 分岐間     |
|-------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|
|       | 四極22A   | 四極24A | 四極19    | 四極22B   | 四極24B | 四極20    |
| 1     | ON      |       | No Care |         |       |         |
| 2     | No Care |       | ON      | ON      |       | No Care |
| 3     | No Care |       | ON      | No Care |       | ON      |
| 4     | No Care |       | ON      | No Care |       | ON      |

| 治療室番号 | 第3治療室2C |       | 分岐間  | 第4治療室3 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 | スイッチング用電源 |
|-------|---------|-------|------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 四極22C   | 四極24C | 四極27 | 四極28   | 162-1     | 162-2     | 162-3     | 162-4     |
| 1     | ON      |       |      |        | ON        |           |           |           |
| 2     |         |       |      |        |           |           |           |           |
| 3     |         |       |      |        |           |           |           |           |
| 4     |         |       |      |        |           |           |           |           |

【図 9】



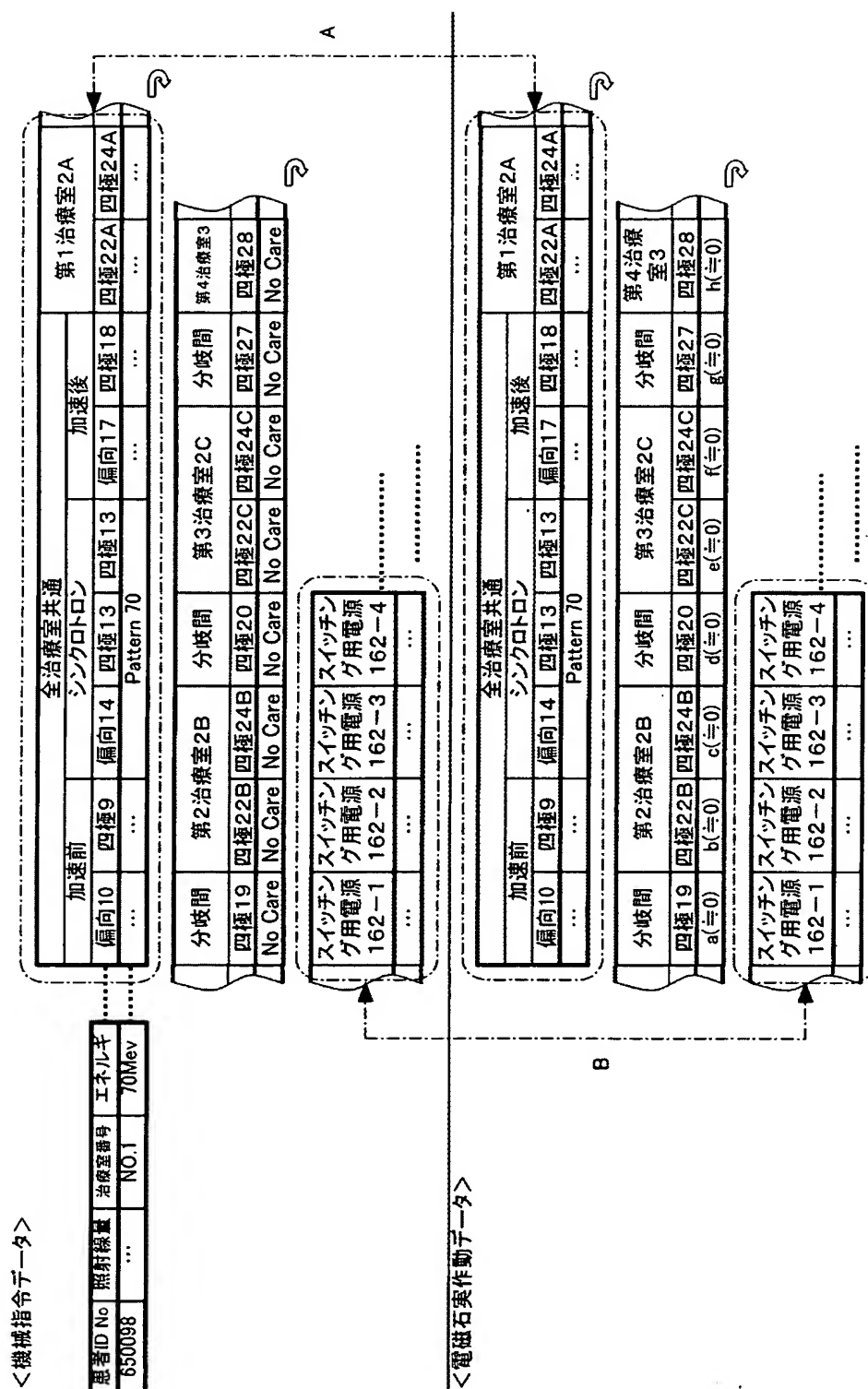
【図 10】



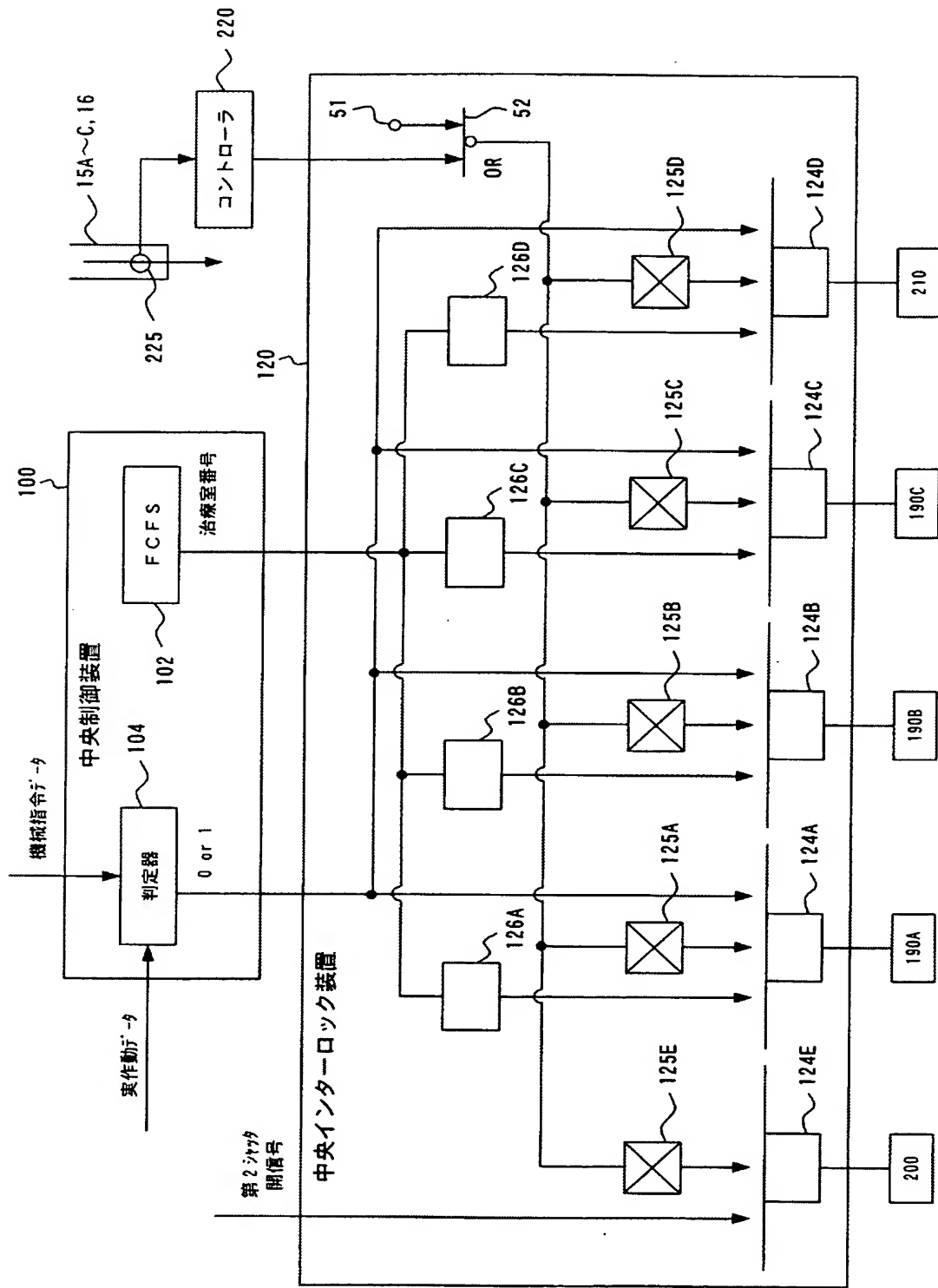
【図 1 1】

| 治療室<br>NO. | スイッチ番号  |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       |
| 1          | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| 2          | 1       | 2       | 1       | 2       | 1       | 2       | 1       | 2       |
| 3          | 2       | No Care | 2       | No Care | 2       | No Care | 2       | No Care |
| 4          | No Care | No Care | No Care | No Care | No Care | No Care | No Care | No Care |

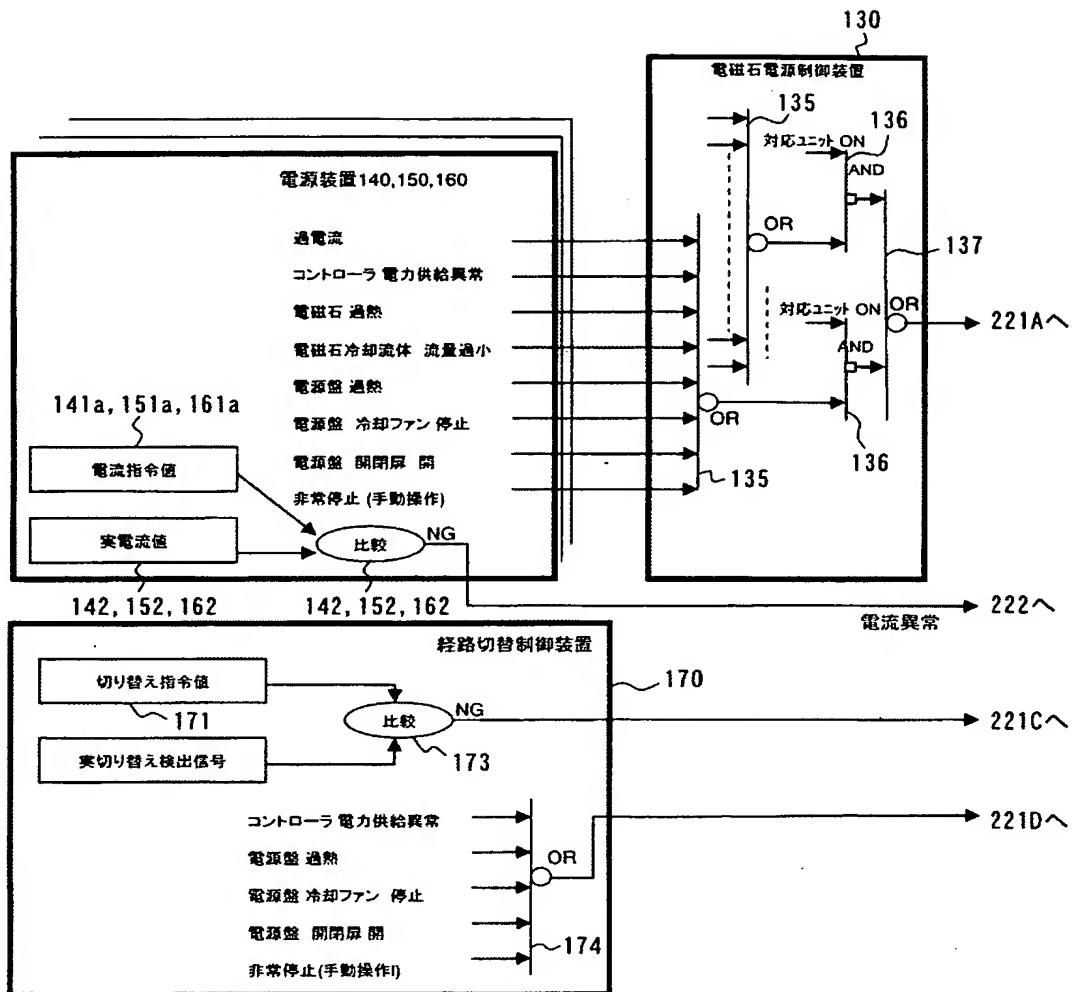
【図 12】



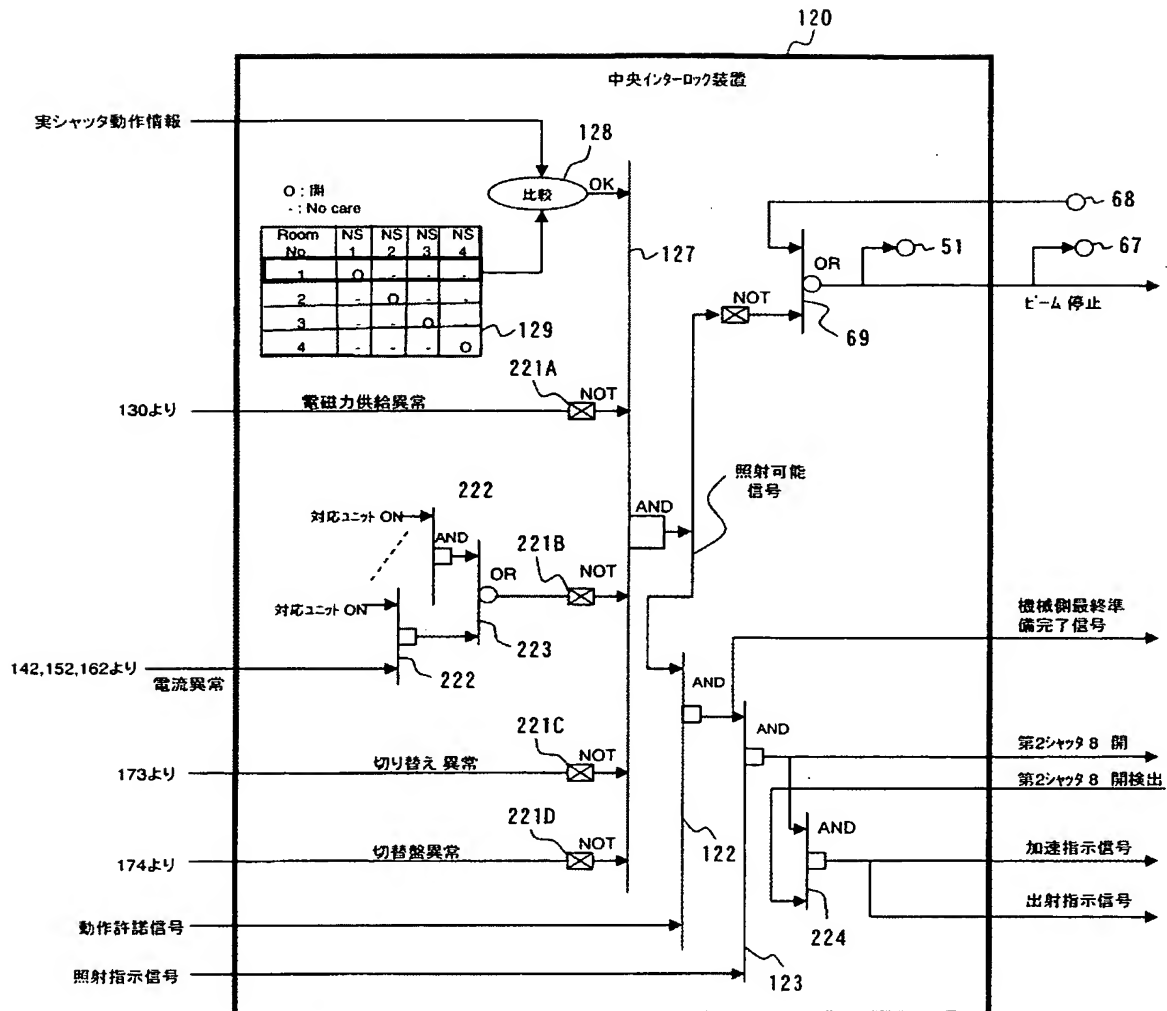
【図 13】



【図 14】

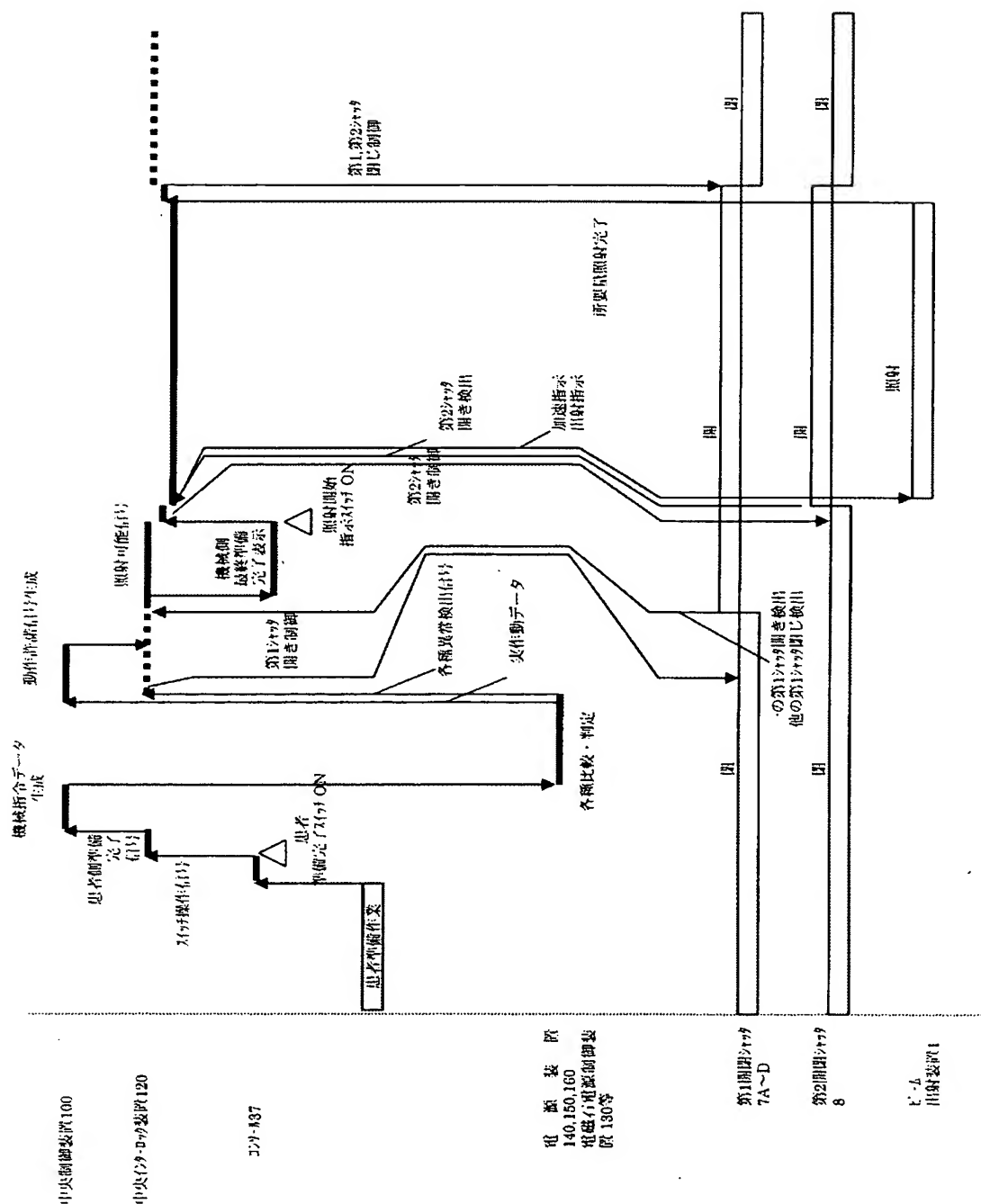


【図 15】

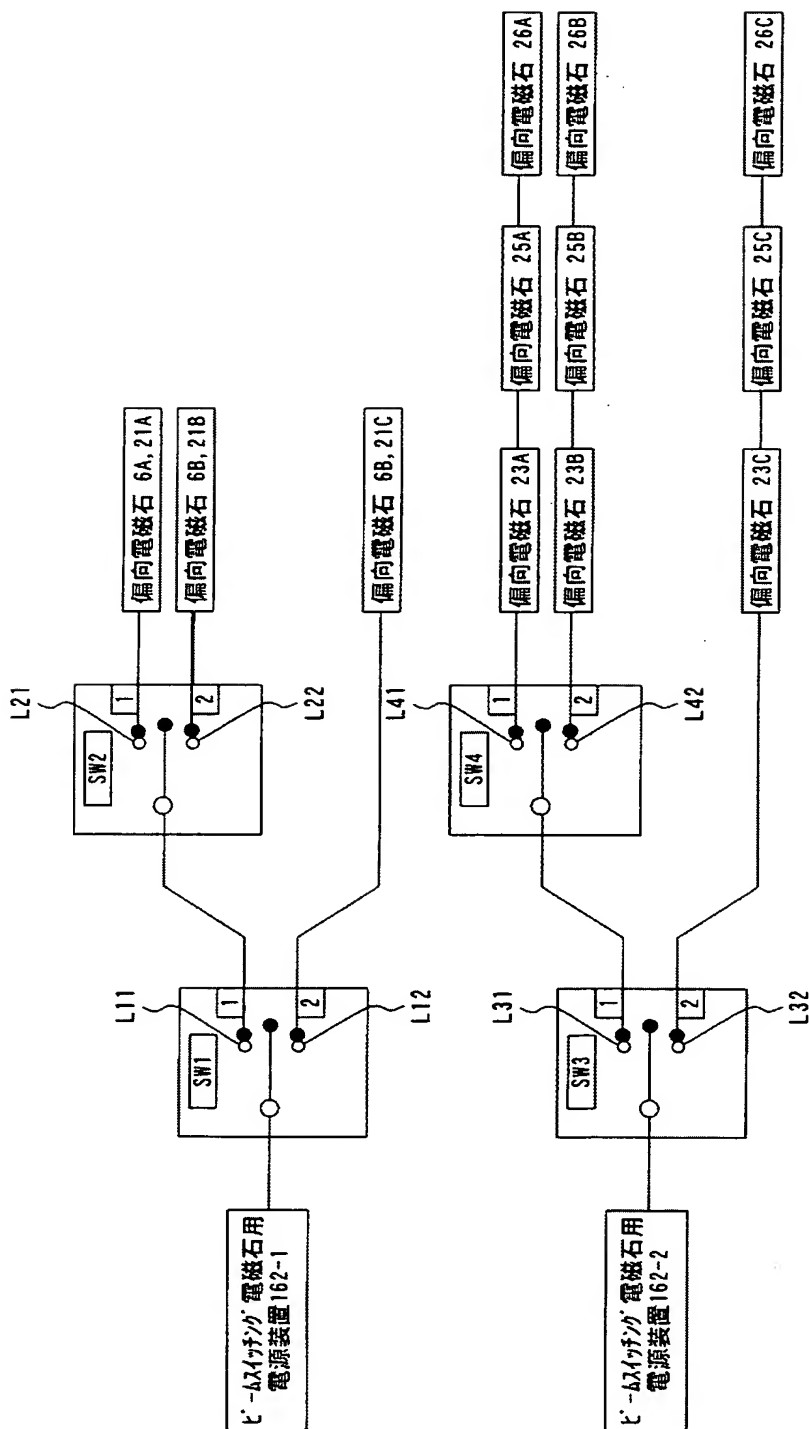




【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 照射対象でない治療室への誤ったビーム輸送を未然に防止し、安全性を向上する。

【解決手段】 荷電粒子ビームを出射する荷電粒子ビーム発生装置 1 と、照射装置 15 A～C, 16 を備えた複数の治療室 2 A～C, 3 と、出射されたビームをビーム進行方向下流側へ輸送する 1 つの第 1 ビーム輸送系 4 と、これから分岐するように設けられビームを複数の治療室 2 A～C, 3 のうち対応するものの照射装置 15 A～C, 16 へそれぞれ輸送する複数の第 2 ビーム輸送系 5 A～D と、その分岐部にそれぞれ設けられ、第 1 ビーム輸送系 4 からのビームを偏向して対応する第 2 ビーム輸送系 5 A～D へ導入する複数の切替え電磁石 6 A～C と、切替え電磁石 6 A～C より下流側に設けられ、ビーム進行経路を遮断する第 1 シャッタ 7 A～D とを有する。

【選択図】 図 3

## 認定・付加情報

|         |                |
|---------|----------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2003-062585 |
| 受付番号    | 50300378934    |
| 書類名     | 特許願            |
| 担当官     | 本多 真貴子 9087    |
| 作成日     | 平成15年 3月10日    |

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

|          |  |
|----------|--|
| 【提出日】    | 平成15年 3月 7日                                    |
| 【特許出願人】  |  |
| 【識別番号】   | 000005108                                      |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地                           |
| 【氏名又は名称】 | 株式会社日立製作所                                      |
| 【代理人】    |  |
| 【識別番号】   | 100077816                                      |
| 【住所又は居所】 | 東京都中央区日本橋小伝馬町 1 - 3 共同ビル (新小伝馬町) 7 階 開知国際特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 春日 讓   |
| 【復代理人】   | 申請人  |
| 【識別番号】   | 100104503                                      |
| 【住所又は居所】 | 東京都中央区日本橋小伝馬町 1 - 3 共同ビル (新小伝馬町) 7 階           |
| 【氏名又は名称】 | 益田 博文  |

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 6 2 5 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所